

*ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS*

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

JOHN JAIRO VERGARA DOMÍNGUEZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI
2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

JOHN JAIRO VERGARA DOMÍNGUEZ

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Topográfico

Director del Proyecto:
Ing. EDUARDO PEÑA ABADÍA. Esp.

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI
2018

ACEPTACIÓN

Nota de Aceptación

Firma del director

Firma del evaluador

Firma del evaluador

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente, doy gracias a mi Papá Dios por permitirme culminar este proceso que en momentos fue largo y complicado, pero me supo dar la fortaleza necesaria para encarar con entereza este reto que más que profesional fue personal, al ser un eslabón que se necesitaba encadenar en mi vida para cerrar esta importante etapa.

A mi esposa, Lina Marcela Coral Ruales, quien con su amor incondicional me estuvo apoyando en todo este proceso, me dio ánimos y brindó todo de sí para que fuese posible cumplir este sueño. Con su determinación me enseñó que los procesos empezados se deben terminar sin importar el tiempo que tomen.

A mi madre, Luz Stella Domínguez Osorio, quien con su apoyo y oraciones constantes me apoyó en todo momento, siendo un gran baluarte en el proceso. Doy gracias infinitas por su formación y crianza, que me han ayudado a ser lo que soy.

A mis compañeros Ethell Alejandra Jaramillo y Armando Quiñones, quienes fueron coequiperos y estuvieron constantemente apoyando, dando fuerza y empuje para sacar adelante este proyecto.

Al director de proyecto, Ing. Eduardo Peña Abadía, por su apoyo en el proceso de realización de este proyecto, dándome la confianza necesaria para terminarlo.

Al Ing. Luis Carlos Moya y a la Ing. Carolina Mendoza Rubio, por su paciencia y su aporte en conocimientos para que este proyecto fuese realizado.

A todos los profesores a lo largo de la carrera que, con sus enseñanzas, lograron enriquecerme profesionalmente.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	18
3.1 OBJETIVO GENERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. MARCO CONCEPTUAL.....	19
4.1.1 Sistema de información geográfica (SIG)	19
4.1.2 Movilidad.....	19
4.1.3 Congestión vehicular	19
4.1.4 Corrientes vehiculares	20
4.1.5 Niveles de servicio (NDS)	21
5. MARCO TEÓRICO.....	22
5.1.1 Velocidad	22
5.1.2 Velocidad promedio de viaje.....	22
5.1.3 Velocidad de recorrido	23
5.1.4 Velocidad de marcha	23
5.1.5 Niveles de servicio	23
6. MARCO DE REFERENCIA	27
7. METODOLOGÍA.....	29
7.1 IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	31
7.2 SELECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	31
7.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACION PRIMARIA	32
7.3.1 Planeación estudio de velocidades.....	32
7.3.2 Aplicativo para captura de información de velocidad: Map My Tracks...	34
7.3.3 Recorridos de motos. Indicaciones	47
7.3.4 Ejecución estudio de velocidades	66
7.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	67

7.4.1 Descripción rutinas en Python	68
7.4.1.1 Primera: Conversión Masiva de archivos GPX a SHP - GPXtoSHP Masivo.py	69
7.4.1.2 Segunda: Conversión Masiva de Archivos DBF a CSV - DBFtoCSV Masivo.py	73
7.4.1.3 Tercera: Armado de archivo CSV completo - CSVCompleto.py.....	75
7.4.1.4 Cuarta: Generación de los tiempos en minutos por rutas – RutasFinal.py.....	77
7.4.2 Cálculo de Tiempos de Recorrido Promedio	83
7.4.3 Cálculo de la Velocidad de Recorrido	86
7.4.4 Cálculo de los Niveles de Servicio	95
7.4.5 Cálculo de la Velocidad de Marcha.....	96
7.5 GENERACIÓN DE BASE DE DATOS GEOGRÁFICA	104
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	110
9. CONCLUSIONES.....	125
10. BIBLIOGRAFÍA	127
11. ANEXOS	129

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de los NDS según los tipos de vías	24
Tabla 2. Caracterización de los diferentes tipos de vías	25
Tabla 3. Caracterización de los NDS (Niveles de Servicio) según las demoras para intersecciones no señalizadas.....	26
Tabla 4. Tamaño mínimo aproximado de la muestra, necesario para estudios de tiempos de recorrido y demoras con un nivel de confiabilidad del 95 %.	33
Tabla 5. Tabla General de Rutas	48
Tabla 6. Indicaciones Ruta 1 – Ida	49
Tabla 7. Indicaciones Ruta 1 - Vuelta.....	50
Tabla 8. Indicaciones Ruta 2.....	51
Tabla 9. Indicaciones Ruta 3.....	53
Tabla 10. Indicaciones Ruta 4	54
Tabla 11. Indicaciones Ruta 5 - Ida.....	55
Tabla 12. Indicaciones Ruta 5 Vuelta.....	56
Tabla 13. Indicaciones Ruta 6	58

Tabla 14. Indicaciones Ruta 7	60
Tabla 15. Indicaciones Ruta 8	62
Tabla 16. Indicaciones Ruta 9	63
Tabla 17. Indicaciones Ruta 10	64
Tabla 18. Indicaciones Ruta 11	65
Tabla 19. Aforadores de motos y cuentas MMT	66
Tabla 20. Recorridos ejecutados por aforador.	66
Tabla 21. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado	110
Tabla 22. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada	111
Tabla 23. Variación Máxima entre Velocidad de Recorrido y Velocidad de Marcha por Recorrido.....	112
Tabla 24. Estadísticas para la Velocidad de Recorrido modo Motos	120

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parque Automotor Registrado en Cali (2015 – 2016).....	12
Figura 2. Número de Motos Circulantes en Cali (2016)	13
Figura 3. Congestión por motocicletas Estadio (Calle 5), Carrera 15, Carrera 4 con Calle 13	15
Figura 4. Medios de transporte utilizado por los caleños y percepción del tiempo de recorrido	16
Figura 5. Circulación Continua	20
Figura 6. Circulación discontinua	20
Figura 7. Datos GPX generados por el aplicativo con el dispositivo GPS.....	29
Figura 8. Determinación de los puntos de referencia	30
Figura 9. Área de estudio. Zona centro-oeste de Santiago de Cali.....	31
Figura 10. Sistema Vial Arterias Principales Secundarias Santiago de Cali	32
Figura 11. Sistema Vial Arterias Secundarias Santiago de Cali.....	33
Figura 12. Búsqueda de la aplicación	35
Figura 13. Instalación de la aplicación	35
Figura 14. Descarga de la aplicación	35
Figura 15. Pantalla inicial	36
Figura 16. Creación de cuenta	37
Figura 17. Listado de Usuarios Map My Tracks con sus respectivas cuentas Gmail	37
Figura 18. Pantalla de ingreso.....	38
Figura 19. Pantalla principal.....	38
Figura 20. Pantalla configuraciones 1	39
Figura 21. Pantalla configuraciones 2	39

Figura 22. Pantalla configuraciones 3	40
Figura 23. Pantalla configuraciones 4	40
Figura 24. Pantalla inicio de recorrido	41
Figura 25. Pantalla de sincronización.....	41
Figura 26. Pantalla de inicio web.....	42
Figura 27. Pantalla de ingreso.....	42
Figura 28. Previsualización ruta	43
Figura 29. Detalles de ruta realizada.....	43
Figura 30. Descarga de la información.....	44
Figura 31. Formato de descarga	44
Figura 32. Políticas de la aplicación	44
Figura 33. Segundo método de descarga	45
Figura 34. Pantalla History	46
Figura 35. Opciones de compartir	46
Figura 36. Elegir medio para compartir	47
Figura 37. Ruta 1 ida.....	48
Figura 38. Ruta 1 vuelta	49
Figura 39. Ruta 2.....	51
Figura 40. Ruta 3.....	52
Figura 41. Ruta 4.....	53
Figura 42. Ruta 5 ida.....	55
Figura 43. Ruta 5 vuelta	56
Figura 44. Ruta 6.....	58
Figura 45. Ruta 7.....	60
Figura 46. Ruta 8.....	62
Figura 47. Ruta 9.....	63
Figura 48. Ruta 10.....	64
Figura 49. Ruta 11.....	65
Figura 50. Recorridos ejecutados en moto.....	67
Figura 51. Distribución de Carpetas y Archivos para las rutinas.	69
Figura 52. IDE Python dentro de ArcGis 10.5	70
Figura 53. Tabla de Atributos de uno de los Shapes generados por la rutina.....	72
Figura 54. Archivos generados por cada Shape.	73
Figura 55. Archivos CSV Generados por la rutina.....	75
Figura 56. Archivo CSV generado por día de toma.....	77
Figura 57. Archivo de Intersecciones.csv	78
Figura 58. Resultado en archivo CSV por día, con los tiempos por tramo	82
Figura 59. Complemento Power Query en Excel 2016 – Carga de Archivos CSV	83
Figura 60. Editor Avanzado Power Query. Lenguaje M.	84
Figura 61. Editor de Power Query. Resultado Final	85
Figura 62. Resultado Cargado en Excel.....	86

Figura 63. Carga del Shape de Vías y el CSV Resultante	87
Figura 64. Join entre Shape de Vías y el archivo CSV	87
Figura 65. Tabla de Atributos después de ejecutado el Join	88
Figura 66. Adición de Campo en la Tabla de Atributos	88
Figura 67. Definición del tipo de Campo y Nombre	89
Figura 68. Field Calculator	89
Figura 69. Fórmula para el cálculo de la Velocidad de Recorrido en el Field Calculator	90
Figura 70. Tabla de Atributos con el cálculo de Velocidad de Recorrido	90
Figura 71. GPS Track Editor	91
Figura 72. Exportar archivo CSV a partir de Archivo GPX	92
Figura 73. Elección de Tipo de Archivo CSV.....	92
Figura 74. Resultado unión archivos CSV en Power Query de Excel	94
Figura 75. Resultado de archivos CSV Unidos cargados en Excel	95
Figura 76. Cálculo de los Niveles de Servicio, por cada Tramo	95
Figura 77. Tabla de Atributos del Shape de Vías con el Nivel de Servicio	96
Figura 78. Power Query con la Unión de archivos CSV y Filtro de Velocidades mayores a 5 km/h.....	97
Figura 79. Tabla Cargada en Excel, con saltos en el Date/Time.....	99
Figura 80. Fórmula para el cálculo de la Fecha/Tiempo continua	100
Figura 81. Generación de la Tabla Dinámica basada en los datos filtrados y continuos	100
Figura 82. Código VBA Excel desarrollado para la Extracción de Archivos CSV	101
Figura 83. Salida de archivos CSV con ayuda del código VBA.....	102
Figura 84. Estructura del aplicativo CSV_to_GPX converter.....	102
Figura 85. Aspecto archivos CSV de entrada.....	103
Figura 86. Modificación del archivo settings.ini	103
Figura 87. Salida de csv_to_gpx_converter – archivos GPX	104
Figura 88. Shapes que componen la Base Cartográfica de la GDB.....	105
Figura 89. Shapes que componen la Zona de estudio de la GDB.....	105
Figura 90. Shapes que componen el Comportamiento Vial de la GDB.....	106
Figura 91. Shapes de Base Cartográfica que componen la GDB	106
Figura 92. Shape de Nodos, Zona Centro – Oeste	107
Figura 93. Tabla de Atributos Shape de Nodos, Zona Centro - Oeste	107
Figura 94. Shape de Comportamiento Vial, Zona Centro - Oeste	108
Figura 95. Tabla de Atributos Shape de Comportamiento Vial, Zona Centro - Oeste	109
Figura 96. Salida Gráfica Velocidad de Recorrido modo Motos, Zona Centro - Oeste	122
Figura 97. Salida Gráfica Velocidad de Marcha, Zona Centro - Oeste.....	123

Figura 98. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, Zona Centro - Oeste..... 124

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Niveles de Servicio (NDS) por Recorridos Diseñados	111
Gráfico 2. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 1 Ida, por cada 200 m.....	113
Gráfico 3. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 1 Vuelta, por cada 200 m.	113
Gráfico 4. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 2, por cada 200 m.....	114
Gráfico 5. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 3, por cada 200 m.....	114
Gráfico 6. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 4, por cada 200 m.....	115
Gráfico 7. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 5 Ida, por cada 200 m.....	115
Gráfico 8. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 5 Vuelta, por cada 200 m.	116
Gráfico 9. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 6, por cada 200 m.....	116
Gráfico 10. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 7, por cada 200 m.....	117
Gráfico 11. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 8, por cada 200 m.....	117
Gráfico 12. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 9, por cada 200 m.....	118
Gráfico 13. Velocidad de Recorrido Ruta 10, por cada 200 m.	118
Gráfico 14. Velocidad de Recorrido Ruta 11, por cada 200 m.	119
Gráfico 15. Estadística Generada para la Velocidad Promedio de Recorrido modo Motos	119
Gráfico 16. Estadística Generada para la Velocidad de Marcha modo Motos ...	120
Gráfico 17. Niveles de Servicio Modo Moto por Arcos en todos los Recorridos..	121

RESUMEN

Este trabajo de grado es un estudio de velocidad en la zona centro-oeste de la ciudad Santiago de Cali. En el sector se encuentran gran cantidad de establecimientos de servicios y comercio, el cual genera y atrae desplazamientos, ocasionando así congestiones, sobre todo en horarios pico de la mañana.

La velocidad y el tiempo que un vehículo tarda en recorrer una distancia especialmente en el medio urbano sirve para evaluar la calidad del servicio que prestan esas vías a sus usuarios.

En la primera parte del estudio se recolecta información primaria con el método del vehículo flotante, el conductor del vehículo trata de flotar en la corriente vehicular, procurando que el número de vehículos que adelante sea igual al que rebasen el vehículo flotante; esta actividad se realizó dos veces en las rutas determinadas.

Durante el recorrido se mide el tiempo que tardo el vehículo en recorrer cada una de las rutas, con lo cual se determina la velocidad de recorrido en el tramo.

Finalizada esta etapa de toma de datos, se inicia el procesamiento y sistematización, de lo cual se obtienen las velocidades de operación para cada ruta, con las que posteriormente se calculan los niveles de servicio.





Finalmente, se elaboran las respectivas salidas cartográficas en las que se consignan los resultados obtenidos.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el aumento del uso de motocicletas en la ciudad de Cali se ha evidenciado significativamente, la motocicleta se ha convertido en un medio de transporte alternativo por su economía, consumo de combustible, costos de mantenimiento y eficiencia en la reducción del tiempo de movilidad frente a otros medios de transporte.

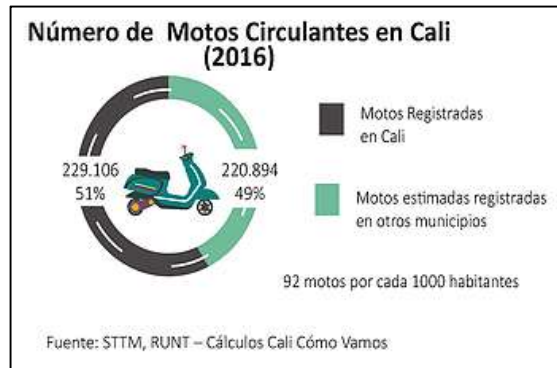
En el informe de calidad de vida – Cali como vamos (2017), figura 2, se muestra que en la ciudad transitan activamente (registradas y no registradas en Cali) 450.000 motocicletas, lo que corresponde al 58% sobre el total de vehículos registrados en la ciudad. También se evidencia que, durante el año 2016 el número de motocicletas circulantes no registradas en la ciudad es del 51%. Las cifras anteriores respaldan porque Cali es la cuarta ciudad con más motocicletas del país (RUNT, 2017).

Figura 1. Parque Automotor Registrado en Cali (2015 – 2016)

Parque Automotor Registrado en Cali (2015-2016)		
	2015	2016
Particular		
	459.034	485.813
Motos		
	209.584	220.894
Oficial		
	3.549	3.724
Público		
	60.088	62.050
Total	732.255	772.481
Fuente: STTM – Cálculos Cali Cómo Vamos		

Fuente: STTM – Cálculos Cali Cómo Vamos, 2016

Figura 2. Número de Motos Circulantes en Cali (2016)



Fuente: STTM – Cálculos Cali Cómo Vamos, 2016

Las condiciones actuales de la movilidad en Cali generan interrogantes de qué tan apropiadas son las estrategias de control de tráfico aplicadas en las redes urbanas de la ciudad, ya que diariamente se presentan embotellamientos, sobre todo en las llamadas horas pico.

Por ende, se debe tener en cuenta que, al hablar de congestionamiento, se hace referencia a los periodos de máxima demanda, el movimiento vehicular se va tornando deficiente, con pérdidas de velocidad, lo que hace que el sistema tienda a saturarse, hasta llegar a funcionar a niveles de congestionamiento, con las correspondientes colas y demoras asociadas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un problema de movilidad se deriva en demoras para las diferentes actividades laborales, sociales, económicas y ambientales. La zona definida como el proyecto a trabajar la movilidad, es la Zona Centro - Oeste de Santiago de Cali, donde se abarca gran parte de las comunas 1, 2, 3, 9 y 19, cuyas zonas comprende alrededor de 27 barrios. En esta zona, existe una diversidad de lugares residenciales de diferentes estratos sociales sin dejar a un lado la presencia de zonas comerciales que se caracterizan por tener actividad hotelera y turística, sin mencionar las personas que transitan para llegar a corregimientos y municipios colindantes como Felidia, El Saladito, Dagua y Buenaventura.

La zona centro-oeste, de la ciudad de Santiago de Cali, genera una buena cantidad de desplazamientos, sobre todo en horarios pico de la mañana. De acuerdo con la Exposición de Motivos del Plan Integral de Movilidad Urbana de Santiago de Cali (PIMU, 2017) en la página 70, se han realizado varios estudios para determinar el nivel de congestión, indicando que en la hora de máxima demanda se realizan 72.490 viajes en automóvil (13% del total de viajes en el día con este modo de transporte) y 67.762 viajes en motocicleta (11% del total de viajes en el día con este modo de transporte). Del mismo estudio, y de acuerdo con la tasa de incremento promedio vehicular en un 7% y en motos un 10%, se estipula la necesidad de realizar cambios tanto en la red de transporte como en el buen uso de la infraestructura existente. Según Cifras de Cali como vamos a 2017, el 30,8% de los desplazamientos de la ciudad se realiza en carro o en moto, y el 43% de la red arterial tanto primaria como secundaria presenta un nivel crítico en cuanto a congestión.

Cali cerró el 2017 con 217.527 motocicletas registradas, lo que la convirtió en la cuarta ciudad del país en número de motocicletas, según cifras del Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), eso sin contar con las motos registradas en otros municipios. Para Juan Carlos Orobio, secretario de Movilidad de Cali, el aumento en el número de motocicletas se relaciona con las condiciones económicas de los caleños frente a la accesibilidad y operación de la motocicleta, lo que la hace atractiva para la población.

La Alcaldía de la Ciudad de Cali ha identificado problemas en el sector, por lo que, de acuerdo con el Plan Integral de Movilidad Urbana de Santiago de Cali (PIMU, 2017) en el Artículo 54, se habla de la implementación de Zonas de Pacificación del Tráfico, las cuales están orientadas a desincentivar el uso de vehículos en zonas de alto valor cultural, estableciendo un tope máximo de velocidad de 30 km/h. Entre las zonas demarcadas en el barrio San Antonio de la ciudad de Cali se encuentra estipulada la zona definida de estudio en el presente proyecto: Zona Centro – Oeste

*ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS*

de la Ciudad, entre otras áreas aledañas. De igual forma, en el Anexo 1 Plan de Acción del Plan Integral de Movilidad Urbana (Anexo 1, PIMU, 2017) en el punto 4.5.12.3, donde se describen los proyectos de dotación de infraestructura vial para la movilidad interurbana, se estipula un proyecto de Ampliación de la Vía al Mar, la cual contempla la construcción de una segunda calzada de tráfico mixto y de carga, además de obras civiles y aceras peatonales en ambos costados de la vía, en un horizonte temporal de 1 a 4 años.

Figura 3. Congestión por motocicletas Estadio (Calle 5), Carrera 15, Carrera 4 con Calle 13



Fuente: Fotos tomadas - Elaboración Propia, 2018

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, es preciso realizar un análisis de velocidades y tiempos de recorrido en la Zona Centro – Oeste de la ciudad de Santiago de Cali en el modo motocicletas, generando resultados con respecto a los Niveles de Servicio (NDS) de ofrecen las vías del sector, con los cuales permitan tomar decisiones futuras para mejorar la movilidad.

2. JUSTIFICACIÓN

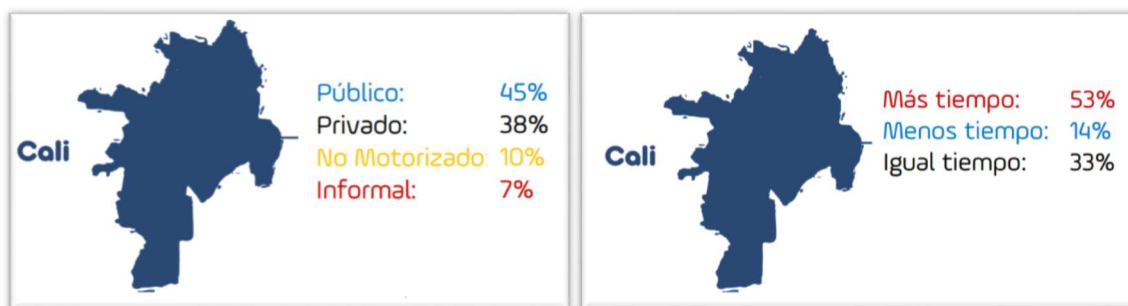
La alta congestión vehicular junto con la gran demanda que se presenta en la Zona Centro Oeste de Santiago de Cali, son consecuencia tanto de factores demográficos, como de la poca inversión en infraestructura vial y la falta de concientización frente a la utilización de las vías terrestres.

Todo esto genera molestias a los usuarios, ya sea, por el tiempo de espera como por la contaminación visual y auditiva que se presenta debido a este problema. Por tanto, en el análisis se debe tener en cuenta que el sitio a estudiar es un lugar estratégico para la ciudad, debido al aumento del número de usuarios que transitan el sector, atraídos por oferta de servicios de todo tipo, que se traduce en aumentos en la demanda vehicular.

Los estudios de velocidad son realizados con la finalidad de estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular el abordar el estudio desde esta perspectiva beneficia a los entes encargados del manejo del tránsito de la ciudad, puesto que con la información obtenida se pueden apoyar para a la posterior toma de decisiones que mitiguen o solucionen los problemas de tránsito para provecho el usuario de la red vial.

Cifras de Cali como vamos a 2017 muestran como la mayoría de los ciudadanos de la ciudad de Santiago de Cali se moviliza en transporte público (bus, buseta, colectivos, taxis, sistema de transporte masivo – MIO y transporte no formal), adicionalmente encuestas de percepción ciudadana muestran que el 53% de los caleños que se movilizan frecuentemente por la ciudad se toman más tiempo en sus desplazamientos que en el año anterior, tal como se puede observar en la figura siguiente:

Figura 4. Medios de transporte utilizado por los caleños y percepción del tiempo de recorrido



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Las características de velocidad que se determinan pueden usarse para establecer parámetros para la operación y el control del tránsito, evaluar la efectividad de los

dispositivos de control de tránsito, evaluar y/o determinar lo adecuado de las características geométricas de la carretera, etc.

Por lo tanto, se desea hacer un análisis de velocidades y tiempos de recorrido de la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali, que contribuya a la correcta identificación de las variables de flujo vehicular que apoyen el análisis y caracterización de los niveles de servicio de la zona, para tal fin se analizan diferentes tipos de técnicas y métodos que contribuyen en el análisis, procesamiento y representación de este tipo de información.

De esta forma surgen las técnicas basadas en procesos de modelación, simulación y análisis geográfico, los cuales tienen en cuenta los factores predominantes de la red vial con las condiciones actuales de la misma. Este tipo de técnicas son una herramienta de gran utilidad que permite una adecuada representación de los datos tomados en campo para la posterior creación de proyectos. Los análisis de esta información se realizan a través de diferentes softwares especializados los cuales ayudan en el procesamiento, representación, cuantificación y análisis de información.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar desde la componente cartográfica, un análisis de velocidades y tiempos de recorrido, específicamente en el medio de transporte motocicleta, de la zona centro-oeste de la ciudad de Santiago de Cali.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Diseñar los recorridos a realizar en la zona Centro - Oeste, para el posterior levantamiento de información.
- ✓ Caracterizar la zona de estudio desde las variables velocidades y tiempos de recorrido, para que éstas puedan ser analizadas debidamente.
- ✓ Generar una representación cartográfica que permita identificar y analizar las velocidades, tiempos de recorrido y volúmenes de tránsito.

4. MARCO CONCEPTUAL

En el presente trabajo se darán algunas definiciones para definir los conceptos claves que deben estar claros para la comprensión del tema.

4.1.1 Sistema de información geográfica (SIG)

Es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

4.1.2 Movilidad

La movilidad es un elemento que hace parte del desarrollo de una ciudad, y en la cual hay varios factores a considerar como lo son, el tránsito, la infraestructura y el factor humano como el elemento más importante. En otras palabras, movilidad es el “conjunto de desplazamientos, de personas y mercancía, que se producen en un mismo entorno físico. Cuando se habla de movilidad, se refiere a la totalidad de desplazamientos que se realizan en una ciudad” (Transporte, 2007). Es decir, que tanto las caminatas que hace una persona como el paso de vehículos son desplazamientos que se tienen en cuenta en esta definición, se refiere a cualquier medio de transporte que se utilice para tal fin, ya sea, en bicicleta o vehículos motorizados, o también sin utilizar ningún medio físico, es decir, a pie. También, es importante tener en cuenta que el objetivo de la movilidad detrás de este concepto es poder ofrecer accesibilidad mediante los medios de transporte a los diferentes lugares donde las personas realizan sus actividades, es decir, donde la oferta sea mayor que la demanda vehicular.

4.1.3 Congestión vehicular

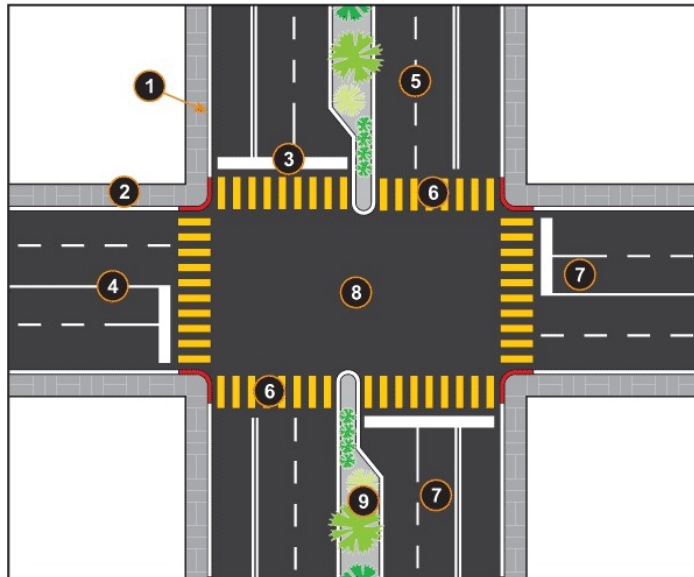
En períodos de máxima demanda, el movimiento vehicular se va tornando deficiente, con pérdidas de velocidad, lo que hace que el sistema tienda a saturarse, hasta llegar a funcionar a niveles de embotellamiento, con las correspondientes colas y demoras asociadas.

4.1.4 Corrientes vehiculares

- **De circulación continua:**

Es cuando el tránsito circula normalmente sin interrupciones, ya que no hay elementos de control y los vehículos solo se detienen por interacción vehicular y por motivos ajenos al tránsito, tales como cobro de peajes, entre ellas encontramos las autopistas y las carreteras de dos carriles.

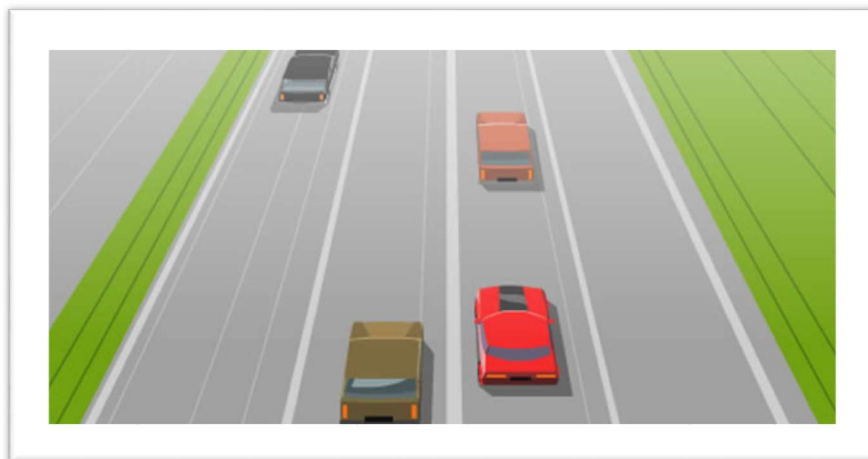
Figura 5. Circulación Continua



- **Discontinua**

La forma normal de transitar requiere detenciones más o menos frecuentes, impuestas por la regulación de tránsito, así como sucede en las arterias y vías urbanas.

Figura 6. Circulación discontinua



4.1.5 Niveles de servicio (NDS)

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular. Este es determinado por los factores internos y externos, los internos correspondan variaciones en la velocidad, el volumen, composición del tránsito, etc. Dentro de los factores externos encontramos las características físicas, como son los anchos de carril, geometría de la intersección, entre otros. Este tipo de indicador establece una caracterización basada en las letras de la “A” a la “F”, donde cada una de estas corresponde a:

Nivel de servicio A: La mayoría de los vehículos llegan en la fase verde, reducen velocidades, pero no se detienen del todo.

Nivel de servicio B: Algunos vehículos comienzan a detenerse.

Nivel de servicio C: El tránsito es regular y algunos ciclos comienzan a presentar demoras.

Nivel de servicio D: Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito, llegadas en rojo o longitudes de Nivel límite aceptable de demoras.

Nivel de servicio E: Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones flujo y capacidad muy altos.

Nivel de servicio F: Los flujos exceden la capacidad de la intersección, esto ocasiona congestión y operación saturada.

5. MARCO TEÓRICO

5.1.1 Velocidad

La velocidad es definida como una razón de movimiento en distancia por unidad de tiempo, generalmente como kilómetros por hora (km/h). El HCM 2000 usa la velocidad promedio de viaje como la medida de velocidad, ya que es fácil de calcular observando cada vehículo dentro del tránsito y es la medida estadística más relevante en relación con otras variables.

Se define la velocidad como el espacio recorrido en un determinado tiempo. Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde:

v = velocidad constante (km/h)

d = distancia recorrida (km)

t = tiempo de recorrido (h)

5.1.2 Velocidad promedio de viaje

La velocidad promedio de viaje es una medida de tránsito basada en la observación del tiempo de viaje en una longitud dada de carretera. Se calcula como la longitud del segmento dividido entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento, incluyendo todos los tiempos de demoras por paradas.

$$S = \frac{L}{ta}$$

Dónde:

S = Velocidad promedio de viaje (km/h),

L = Longitud del segmento de carretera (km), y

ta = Tiempo promedio de viaje en el segmento (h).

5.1.3 Velocidad de recorrido

Conocida también como velocidad de recorrido total, queda definida como la distancia total recorrida, en un tramo relativamente largo, dividida entre el tiempo total de recorrido. En el tiempo de recorrido se incluye las demoras debidas al tránsito ajenos a la voluntad del conductor, no incluye demoras fuera de la vía como ser: lugares de recreación, restaurantes, estaciones de servicio, etc.

Se obtiene entonces la velocidad de recorrido como un promedio de velocidades desarrolladas por un grupo de vehículos.

$$v = \frac{dR}{TR} = \frac{dR}{TM + TD}$$

Dónde:

v = Velocidad de viaje.

dR = Tiempo de recorrido o tiempo total

dR = Longitud recorrida

TM = Tiempo en que el vehículo está en movimiento

TD = Tiempo que espera el vehículo para trasladarse

5.1.4 Velocidad de marcha

La velocidad de marcha o velocidad de cruce se define como la distancia total recorrida dividida entre el tiempo de marcha. El tiempo de marcha excluye todas las paradas y demoras.

5.1.5 Niveles de servicio

Los niveles de servicio son un tipo de indicador que están basados principalmente en la densidad del tránsito, los mismos pueden estar dados por diversos tipos de factores como lo son: la velocidad, las demoras y la relación v/c entre otros. Entre los parámetros que afectan a los niveles de servicio se encuentran la calidad de la coordinación de semáforos, los tiempos de semáforos y la capacidad de la vía.

El grado de movilidad del sistema arterial urbano principal y secundario, se da en términos de la velocidad de recorrido o de viaje, para el tránsito de paso. La velocidad de los vehículos en vías urbanas está influenciada por tres factores

principales: el uso del suelo y actividades laterales, la interacción entre los vehículos y el tipo de dispositivos de control existentes. Como resultado de estos factores, también se afecta la calidad del servicio de la operación vehicular en ellas.

El medio ambiente circundante alrededor de una determinada vía, afecta la posibilidad que tiene un conductor en seleccionar determinada velocidad. Cuando la interacción entre los vehículos es mínima, o sea cuando existen muy bajos volúmenes de tránsito, la velocidad escogida por un conductor promedio es conocida como velocidad a flujo libre, la cual solo se verá afectada por las velocidades límites impuestas, que para la ciudad de Cali no debe sobrepasar los 60 Km/h.

No siempre los vehículos pueden circular a la velocidad a flujo libre. La mayoría de las veces, sobre todo en períodos pico, la presencia de otros vehículos, restringe la velocidad de un vehículo en movimiento, debido a las diferencias de velocidades entre los vehículos o como resultado de desaceleraciones o aceleraciones ante la presencia de otros dispositivos de control, como por ejemplo los semáforos. Por lo tanto, las velocidades de los vehículos tienden a ser menores que la velocidad a flujo libre durante condiciones de volúmenes vehiculares moderados y altos.

En este sentido, la velocidad que caracteriza estas circunstancias se conoce como velocidad de recorrido o de viaje, la cual, para un tramo determinado, se calcula como la longitud del tramo dividido por el tiempo de recorrido o viaje. El tiempo de recorrido es el tiempo que toma el vehículo en atravesar dicho tramo incluyendo todo tipo de demoras operacionales (como caídas de velocidad o detenciones momentáneas).

Por tal razón se consideró pertinente analizar este tipo de indicadores en función de las demoras por vehículo presentadas en cada uno de los arcos de la red vial. A continuación, se dan a conocer los umbrales que se manejaron en función de las velocidades en los diferentes arcos de la red. Dichos umbrales fueron tomados de las consideraciones realizadas por (Sever, 2010) en el Highway Capacity Manual (*Manual de Capacidad de Carreteras*). En el cual definen los parámetros de medición teniendo en cuenta las características de la intersección.

La Figura 5 corresponde a la Tabla 15.2, relacionada en el Highway Capacity Manual (*Manual de Capacidad de Carreteras*, 2010), esta clasifica los niveles de servicio (NDS) según el tipo de vías al cual pertenecen. Lo cual hace posible realizar una asociación en función de la velocidad con la que transitan cada uno de los vehículos.

Tabla 1. Caracterización de los NDS según los tipos de vías

EXHIBIT 15 - 2. URBAN STREET LOS BY CLASS

Urban Street Class	I	II	III	IV
Range of free-flow speeds (FFS)	90 to 70 km/h	70 to 55 km/h	55 to 50 km/h	45 km/h
Typical FFS	80 km/h	65 km/h	55 km/h	45 km/h
LOS	Average Travel Speed (km/h)			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56 - 72	> 46 - 59	> 39 - 50	> 32 - 41
C	> 40 - 56	> 33 - 46	> 28 - 39	> 23 - 32
D	> 32 - 40	> 26 - 33	> 22 - 28	> 18 - 23
E	> 26 - 32	> 21 - 26	> 17 - 22	> 14 - 18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

Fuente: Sever, (HCM) - 2010

A su vez, en la Tabla 2, del Highway Capacity Manual (*Manual de Capacidad de Carreteras, 2010*), establece que las clases II y III corresponden a vías arterias principales suburbanas y suburbanas intermedias, lo cual se ajusta a las condiciones y características encontradas en la ciudad de Cali. A partir de dicha analogía se construye la Tabla XXX la cual se realiza a partir de las tablas mencionadas con anterioridad complementando y clasificando los niveles de servicio en cada uno de los arcos de la red vial en función de la velocidad del tramo.

Tabla 2. Caracterización de los diferentes tipos de vías

EXHIBIT 10 – 3. URBAN STREET CLASS BASED ON FUNCTIONAL AND DESIGN CATEGORIES

Design Category	Functional Category	
	Principal Arterial	Minor Arterial
High-Speed	I	N/A
Suburban	II	II
Intermediate	II	III or IV
Urban	III or IV	IV

Fuente: Sever, (HCM) - 2010.

*ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS*

Tabla 3. Caracterización de los NDS (Niveles de Servicio) según las demoras para intersecciones no señalizadas.

VÍA PRINCIPAL	VÍA SECUNDARIA	NDS
59	50	A
46	39	B
33	28	C
26	22	D
21	17	E
16	1	F

Fuente: Sever, (HCM) - 2010.

6. MARCO DE REFERENCIA

Dentro de las actividades para fomentar el desarrollo en las diferentes regiones y municipios a nivel mundial, la construcción de vías e intersecciones ha sido a lo largo de los años un factor primordial para lograrlo, y para este fin, los estudios previos son indispensables, ya que estos dependen la buena ejecución de estos.

La importancia de este análisis se fundamenta en la necesidad de contar con parámetros básicos para la buena ejecución del proyecto en específico, apoyados en la asesoría profesional de docentes de la facultad de ingenierías, escuela civil y geomática. A continuación, se mencionan algunos estudios previos:

El Estudio de Movilidad y Accesibilidad en la Comuna 22 el Municipio de Santiago de Cali, Universidad del Valle y Planeación Municipal, (2016), fue realizado entre los meses de septiembre y diciembre del año 2016, en el cual se analizó el comportamiento vehicular existente en la Comuna 22, y fueron analizados los siguientes indicadores: velocidades, ocupación vehicular y volúmenes vehiculares. A su vez se analizó el impacto que se genera sobre la red al incluir obras de infraestructura vial proyectadas por POT 2014 y Grupo PIMU.

A su vez, el proyecto Análisis Integral de la Red de Infraestructura Vial para la Movilidad Motorizada en el Municipio de Santiago de Cali, Universidad del Valle y Planeación Municipal, (2015), fue realizado entre los meses de octubre y diciembre del año 2015, en el cual se analizó el comportamiento vehicular existente en el Municipio de Santiago de Cali, analizando diferentes tipos de indicadores de movilidad como son: velocidades de recorrido, volúmenes vehiculares y el análisis de jerarquización vial entre otros.

Cárdenas (Cárdenas, 2010) realizó para Planeación Municipal de la ciudad de Cali un estudio de tránsito de los accesos a la ciudad de Cali, entre los cuales se encuentra la vía Cali-Jamundí. Con este estudio se logró observar las horas pico de los aforos realizados para los dos sentidos, la composición de los vehículos y los volúmenes de tránsito.

Por otro lado, Palomares y García, (2008), afirma que los cambios generados en la movilidad están directamente relacionados con el proceso de transformación, el cual genera espacios discontinuos, dispersos y fragmentados provocando un aumento en el uso del vehículo privado. Sin embargo, para el caso de los niveles de accesibilidad se considera que el crecimiento poblacional es un factor predominante en la disminución de los mismos por estar directamente relacionado con la creación de unidades de vivienda, provocando así que los desplazamientos no puedan darse de manera lineal Eggermond et.al,(2016).

A su vez, Martínez (2008), realizó para Planeación Municipal de la ciudad de Cali un estudio para la comuna 22 en el sur de Cali en el que se observa la situación actual de la vía en el momento del estudio como las condiciones físicas, la prestación del servicio, la responsabilidad de la vía que es Interregional y la entidad encargada de su mantenimiento que es el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en una parte y en la otra del municipio de Santiago de Cali debido a que hacer parte del perímetro urbano.

Por su parte, el Aforo vehicular maestro realizado por la empresa DICONSULTORIA ingenieros S.A. (2014), contiene la información de dos puntos de estaciones maestras ubicados en la Carrera 100 con la Calle 25 o Simón Bolívar para los jueves y sábado.

La importancia de estos análisis se fundamenta en la necesidad de contar con parámetros básicos para la buena ejecución del proyecto “ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS”. Dicho proceso se realiza empleando el método convencional de tipificar la red y seleccionar corredores representativos de la red principal y secundaria de la zona centro-oeste asociada a la infraestructura vial y sobre ellos hacer medidas de tiempos y velocidades a bordo de un vehículo a la velocidad del pelotón del modo motorizado, empleando un dispositivo GPS, para obtener velocidades en tramos viales sobre la zona de estudio y a su vez obtener como resultado las áreas que poseen mayores deficiencias en cuanto a movilidad y accesibilidad se refiere.

7. METODOLOGÍA

Se emplea el método convencional de tipificar la red y seleccionar corredores representativos de la red principal y secundaria asociada a la infraestructura vial y sobre ellos hacer medidas de tiempos y velocidades a bordo de un vehículo a la velocidad del pelotón del modo *MOTOS*, empleando un dispositivo GPS a través de un aplicativo llamado *MAP MY TRACKS*. El GPS envía pulsaciones cada cierto tiempo, con lo cual se tienen datos de posicionamiento del vehículo en tiempos determinados y se puede establecer por tanto la velocidad con la que circula dicho vehículo. Las grandes ventajas de este método es que se puede conseguir una velocidad promedio de los vehículos que circularon por la red, Adicional a esto, este método permite obtener datos directos del geoposicionamiento de la red vial, de manera que se pueden verificar los diferentes arcos de la malla vial.

La metodología contempla hacer una representatividad de la zona de estudio, es decir, se tendrán en cuenta algunos de los corredores de la red vial principal y secundaria que se encuentren dentro de la zona de estudio de Santiago de Cali por donde circulan los automóviles en el periodo hora pico de la mañana. Esta hora pico se selecciona de información secundaria de estudios anteriores.

En la figura 8 se muestran los datos generados del aplicativo *MAP MY TRACKS* en formato *GPX* por el dispositivo GPS. Estos datos permiten definir los tiempos de recorridos sobre los tramos viales; que posteriormente nos servirán para calcular las velocidades promedios en los recorridos realizados.

Figura 7. Datos GPX generados por el aplicativo con el dispositivo GPS.

#	Date/time	Leg length (m)	Speed (km/h)	Heading	Coordinates	Elevation (m)
1	25/04/2018 7:14:53 a. m.	0,0	0,0	0°	3,448138°, -76,545194°	1.086
2	25/04/2018 7:14:54 a. m.	8,0	28,8	94°	3,448133°, -76,545122°	1.085
3	25/04/2018 7:14:55 a. m.	8,3	29,9	98°	3,448122°, -76,545048°	1.084
4	25/04/2018 7:14:56 a. m.	8,0	29,0	97°	3,448113°, -76,544976°	1.083
5	25/04/2018 7:14:57 a. m.	7,2	26,0	94°	3,448109°, -76,544911°	1.084
6	25/04/2018 7:14:58 a. m.	6,3	22,8	87°	3,448112°, -76,544854°	1.083
7	25/04/2018 7:14:59 a. m.	5,6	20,2	82°	3,448119°, -76,544804°	1.082
8	25/04/2018 7:15:00 a. m.	5,3	18,9	83°	3,448125°, -76,544757°	1.082
9	25/04/2018 7:15:01 a. m.	4,5	16,1	84°	3,448129°, -76,544717°	1.081
10	25/04/2018 7:15:02 a. m.	3,6	12,8	88°	3,448130°, -76,544685°	1.081
11	25/04/2018 7:15:03 a. m.	2,2	8,0	87°	3,448131°, -76,544665°	1.081

Fuente: Elaboración Propia, 2018

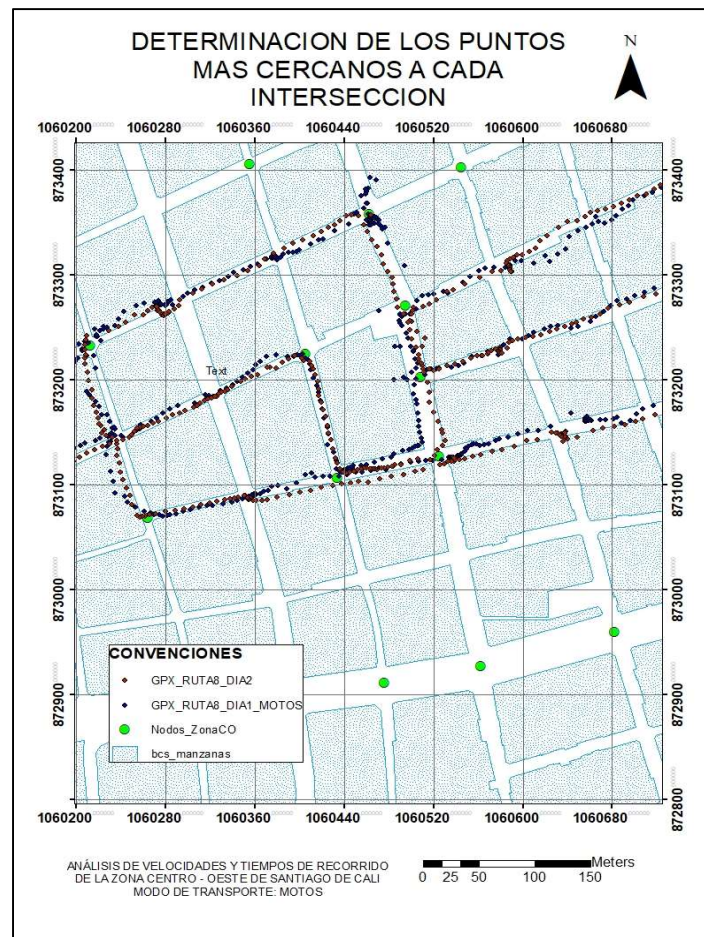
El número de recorridos y período se adopta siguiendo las recomendaciones del Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito de Paul C Box y Joseph C. Oppenlander.

*ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS*

Para el cálculo de las velocidades, se debe realizar una depuración de los datos y verificar si estos se encuentran en óptimas condiciones para ser utilizados. El dispositivo GPS genera archivos con extensión GPX, el cual, para facilidad de manipulación posterior, se convertirá en CSV para después utilizar una rutina de programación en PYTHON, la cual nos va a generar los tiempos entre nodos sobre los recorridos, para posteriormente asociar esos nodos a nuestros tramos viales para el cálculo posterior de velocidades por tramos.

Es de suma importancia saber que antes de realizar lo dicho anteriormente se debe adoptar las propiedades del punto del recorrido más cercano para crear nuestros nodos. Inicialmente se crea una zona de influencia de 10 metros para cada intersección, al intersecar los recorridos del GPS con el área de influencia se obtendrán diferentes valores, los cuales se analizan a través de una tabla de proximidad y finalmente se atribuyen sus propiedades a la intersección.

Figura 8. Determinación de los puntos de referencia

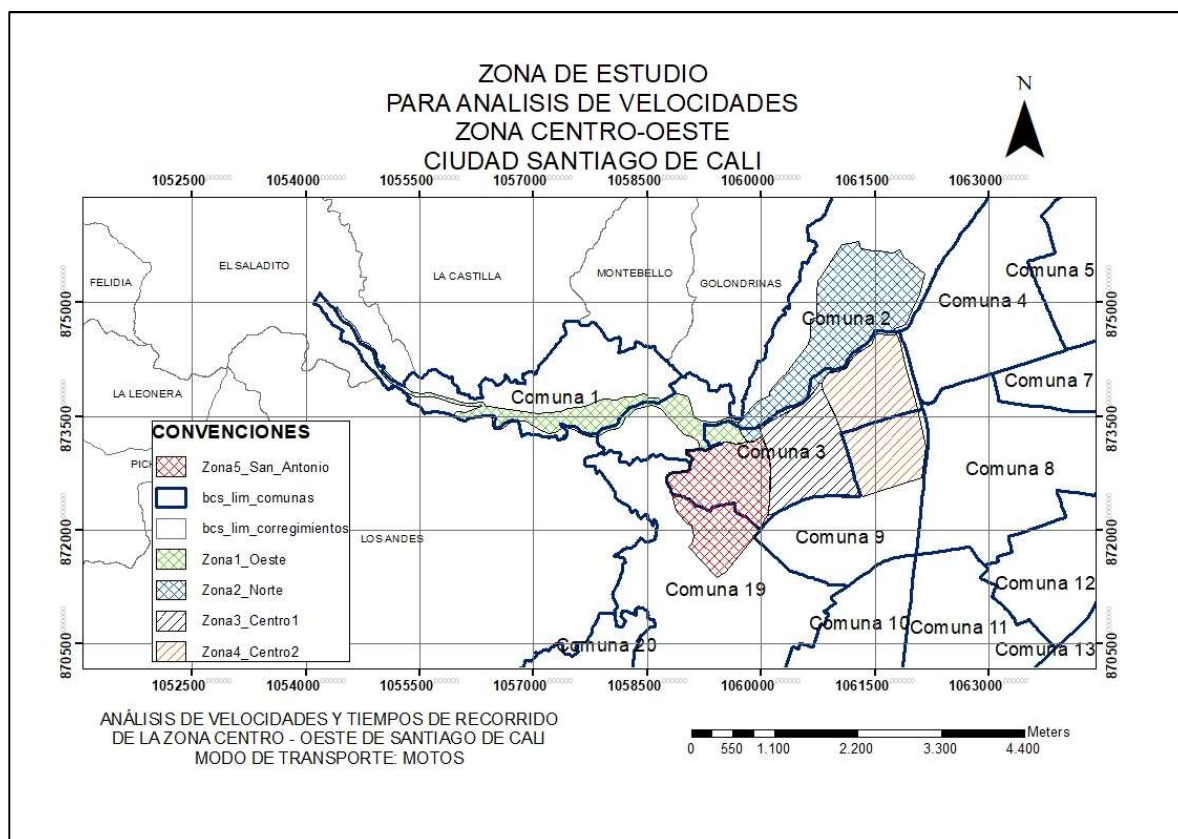


Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.1 IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio, Zona Centro - Oeste de la ciudad de Santiago de Cali, se muestra en la figura siguiente:

Figura 9. Área de estudio. Zona centro-oeste de Santiago de Cali



Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.2 SELECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

El GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TRANSITO, TRANSPORTE Y VÍAS – GITTV escuela de ingeniería civil y geomática facultad de ingeniería universidad del valle; ha suministrado toda la información base para el desarrollo de proyecto. Dicha información contemplo básicamente la base digital de la ciudad de Santiago de Cali como son: la red vial, manzanas, barrios, comunas, perímetro urbano, perímetro rural, corregimientos y demás archivos que se implementaron. Las fuentes de dicha información son: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, Metro Cali S.A. y de estudios previos de la Universidad del Valle.

Por otro lado, se tomó de base para el desarrollo de este proyecto la metodología adoptada para el cálculo de velocidades por tramos, en el estudio de Análisis Integral de la Red de Infraestructura Vial para la Movilidad Motorizada en el

Municipio de Santiago de Cali¹. *Universidad del Valle y Planeación Municipal, (2015)*. Este estudio fue realizado entre los meses de Octubre y Diciembre del año 2015, en el cual se analizó el comportamiento vehicular existente en el Municipio de Santiago de Cali, analizando diferentes tipos de indicadores de movilidad como son: velocidades de recorrido, volúmenes vehiculares y el análisis de jerarquización vial entre otros.

7.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACION PRIMARIA

Una vez se haya seleccionado la información secundaria, se proceden a realizar las tomas en campo con ayuda de dispositivos GPS y el aplicativo MAP MY TRACKS, en donde posteriormente se describirá su funcionamiento.

7.3.1 Planeación estudio de velocidades

La zona de estudio está conformada por la red de vías arterias principales y red de vías arterias secundarias, conforme con el POT 2014. En las figuras 11 y 12, se identifican las vías de los dos (2) sistemas.

Figura 10. Sistema Vial Arterias Principales Secundarias Santiago de Cali

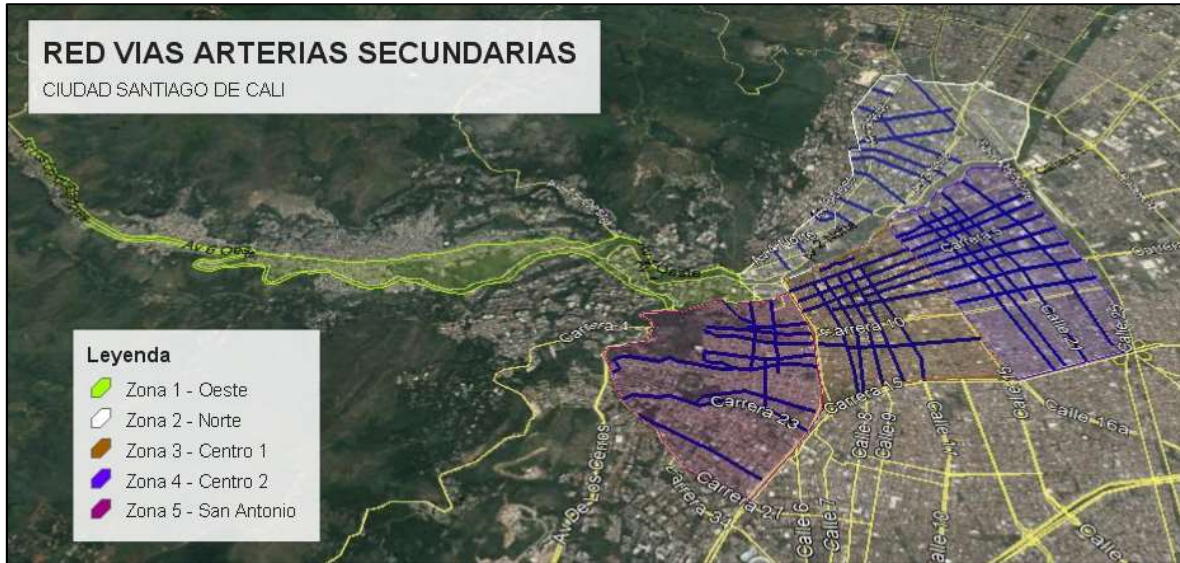


Fuente: Elaboración Propia, 2018

¹ CONTRATO INTERADMINISTRATIVO 4132.0.27.1.03 DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL – UNIVERSIDAD DEL VALLE -GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TRANSITO, TRANSPORTE Y VÍAS – GITTV ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Figura 11. Sistema Vial Arterias Secundarias Santiago de Cali.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

- **Periodo de Observación.** Se define una (1) hora como periodo de observación, es decir; la hora pico de la mañana entre 7:00am – 8:00am oscilando 15 minutos antes y después de la hora pico, para la recolección de información para el cálculo de velocidades.
- **Tamaño de la muestra.** El número de recorridos para cada vía por modo y periodo se adopta siguiendo las recomendaciones del Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito de Paul C Box y Joseph C. Oppenlander.

A continuación, se muestra la Tabla 4, del manual de estudios de ingeniería de tránsito de Paul C Box y Joseph C. Oppenlander.

Tabla 4. Tamaño mínimo aproximado de la muestra, necesario para estudios de tiempos de recorrido y demoras con un nivel de confiabilidad del 95 %.

Intervalo promedio de la velocidad de recorrido (km/h)	Número mínimo de recorridos para un error permisible específico				
	+ - 2,0 km/h	+ - 3,5 km/h	+ - 5,0 km/h	+ - 6,5 km/h	+ - 8,0 km/h
5,0	4	3	2	2	2
10,0	8	4	3	3	2
15,0	14	7	5	3	3
20,0	21	9	6	5	4
25,0	28	13	8	6	5
30,0	38	16	10	7	6

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito de Paul C Box y Joseph C. Oppenlander

Para un estudio de tiempos de recorrido y demora, el tamaño de la muestra se basa en la necesidad de la información. Para la estimación de la velocidad media de recorrido y teniendo en cuenta que el propósito es para temas de planeación, el error permisible sugerido es +- 5,0 a +- 8 km/h.

Considerando una diferencia media de velocidades de 5 km/h, el número de recorridos seleccionado para el estudio es dos (2) tomas.

En la siguiente tabla se manejan los recorridos a ejecutados con distancias en la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali:

7.3.2 Aplicativo para captura de información de velocidad: Map My Tracks

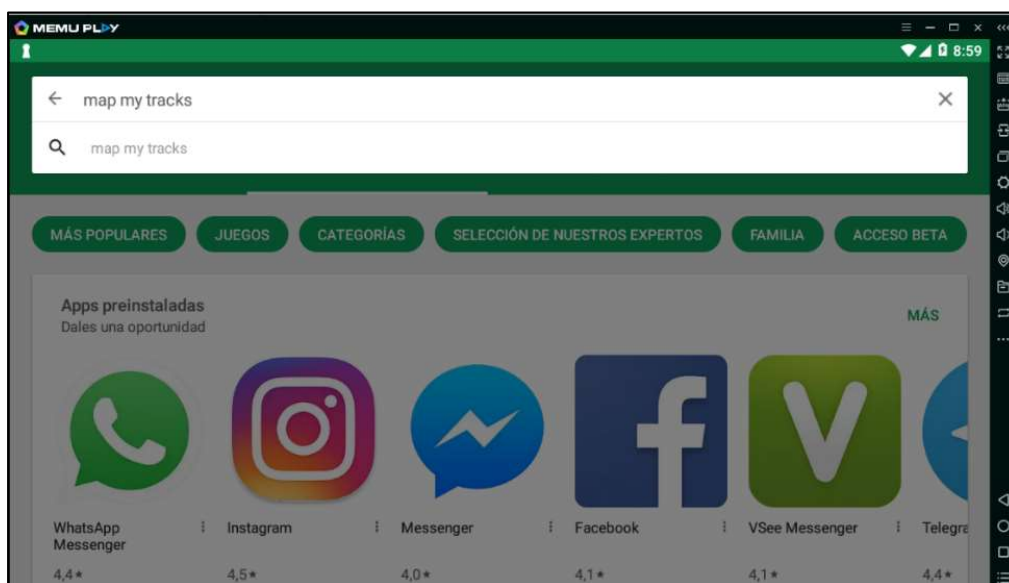
Es una aplicación en forma de red social, donde convierte un teléfono móvil en un dispositivo personal en tiempo real de seguimiento de GPS. Esta aplicación está disponible para celulares cuyo sistema operativo es IOS y Android. El uso de un teléfono móvil incorporado a un receptor de GPS externo puede asignar y realizar un seguimiento de su ubicación en tiempo real. Map My Tracks carga sus datos de seguimiento de GPS directamente a un registro de actividad personal en la web. Los recorridos realizados pueden ser públicos o privados, de acuerdo con la configuración que se le indique.

✓ Instalación, configuración e inicio del aplicativo

Para instalar el aplicativo, se entra a Play Store (En Android), y se busca:

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

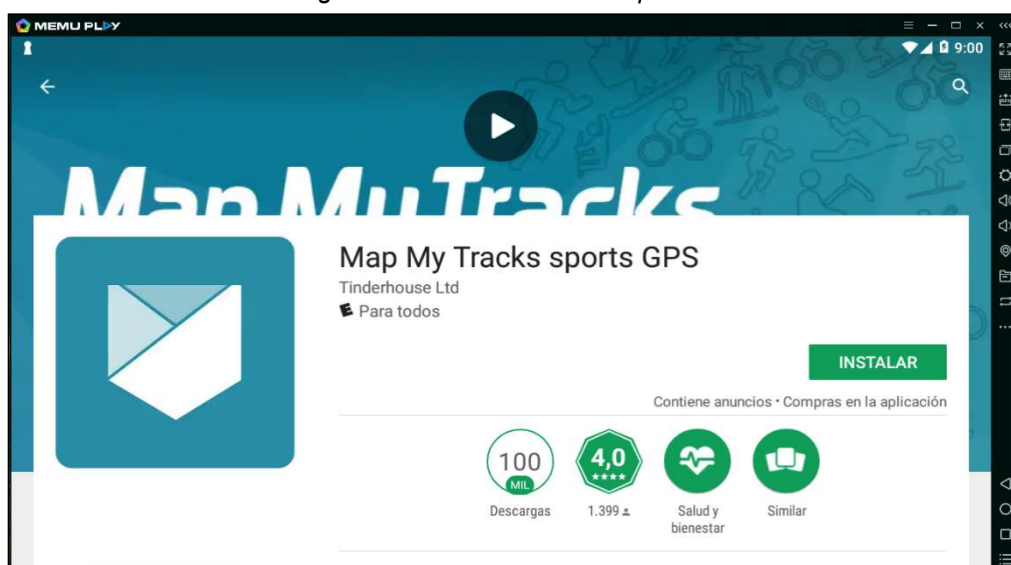
Figura 12. Búsqueda de la aplicación



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Posteriormente, se hace clic en instalar.

Figura 13. Instalación de la aplicación

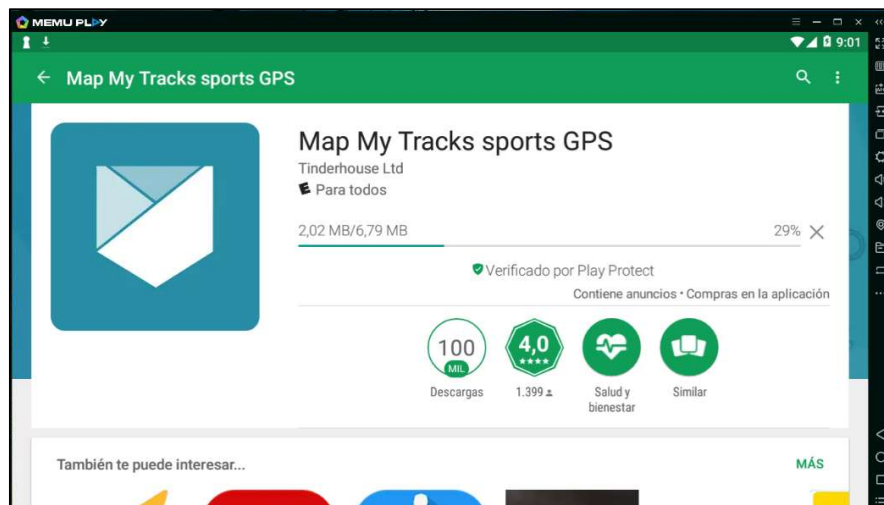


Fuente: Elaboración Propia, 2018

El peso aproximado de la aplicación es de 6,79 megas.

Figura 14. Descarga de la aplicación

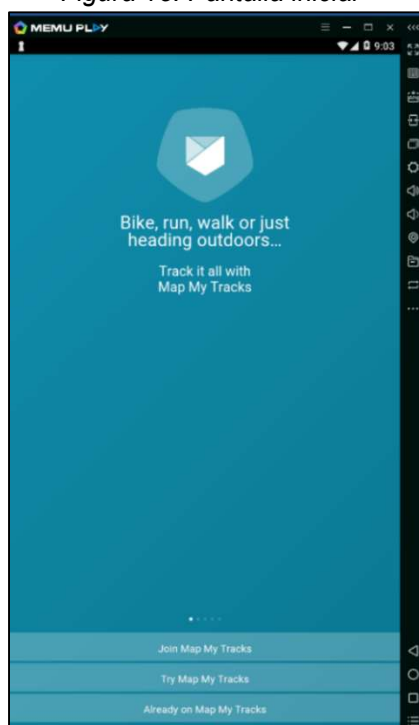
*ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS*



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez finalice la instalación, se abre la aplicación y sale la pantalla inicial del aplicativo:

Figura 15. Pantalla inicial



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Para crear la cuenta de Map My Tracks correspondiente, se debió haber creado previamente una cuenta Gmail, la cual será asociada a esta cuenta creada, por cada

usuario. Ya creadas las cuentas Gmail, se hace clic en **Join Map My Tracks**, y aparece una pantalla como la que sigue:

Figura 16. Creación de cuenta

Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se muestran las cuentas por usuario utilizados para hacer los recorridos:

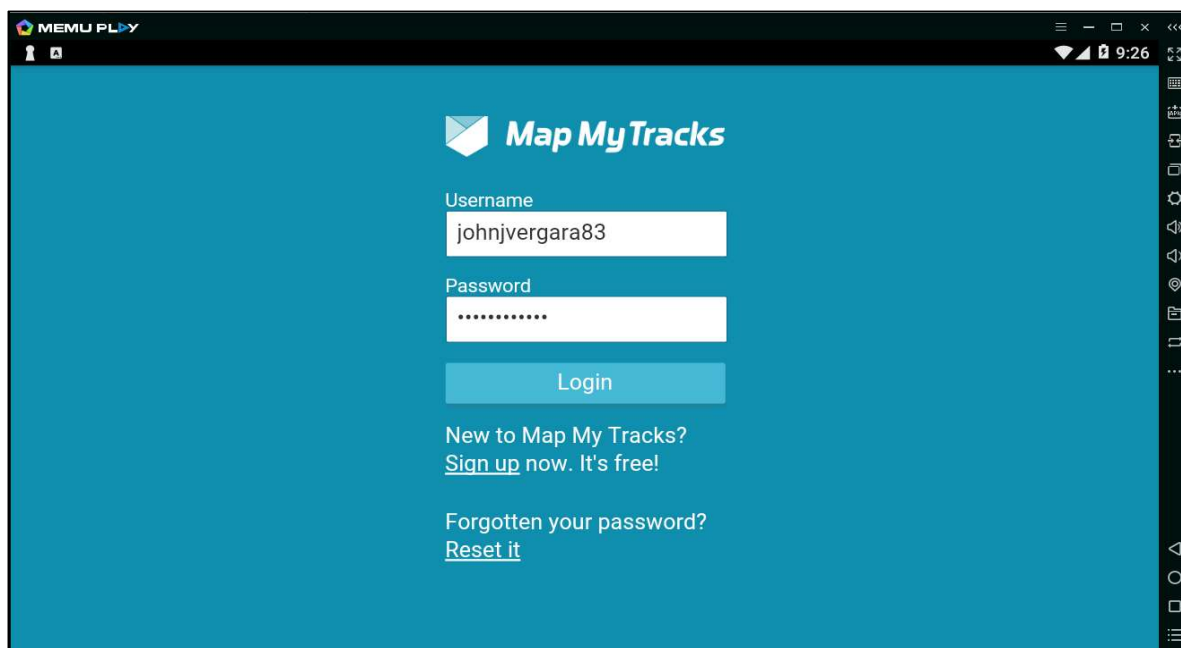
Figura 17. Listado de Usuarios Map My Tracks con sus respectivas cuentas Gmail

No.	Nombre	Cuenta	login MMT	Modo
1	Paola Jaramillo	paola1.jaramillo83@gmail.com	paola1jaramillo83	Moto
2	Isabel Jaramillo	isabel1.jaramillo80@gmail.com	isabel1jaramillo80	Moto

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez se terminen de diligenciar los datos, en conjunto con la contraseña elegida, se hace clic en **Register**. Una vez creadas las cuentas, en la Pantalla inicial (mostrada anteriormente), se hace clic en **Already on Map My Tracks**. Ahí aparecerá la pantalla de logueo:

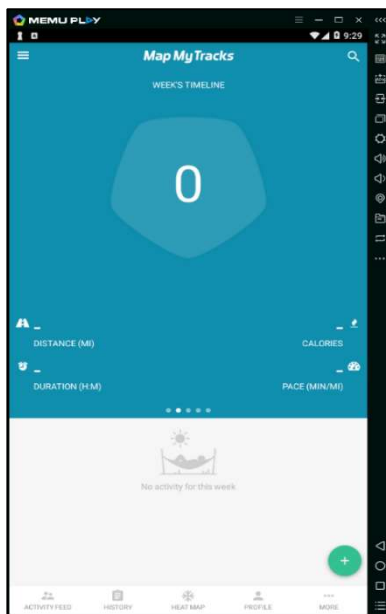
Figura 18. Pantalla de ingreso



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez introducidos los datos correspondientes, se hace clic en **Login**. A continuación, aparecerá la siguiente pantalla, la cual se le llamará **Pantalla Principal**:

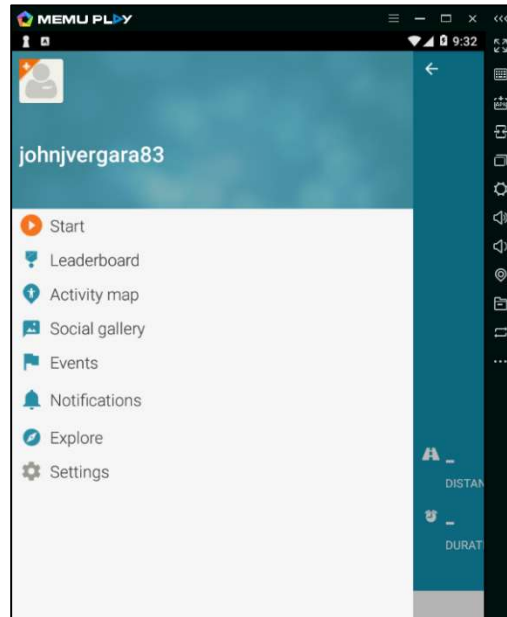
Figura 19. Pantalla principal



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Para utilizar el aplicativo por primera vez, se deben hacer varias configuraciones en la aplicación. Para hacerlas, se hace clic en las tres rayas que se encuentran en la parte superior izquierda de la pantalla mostrada, y aparece lo siguiente:

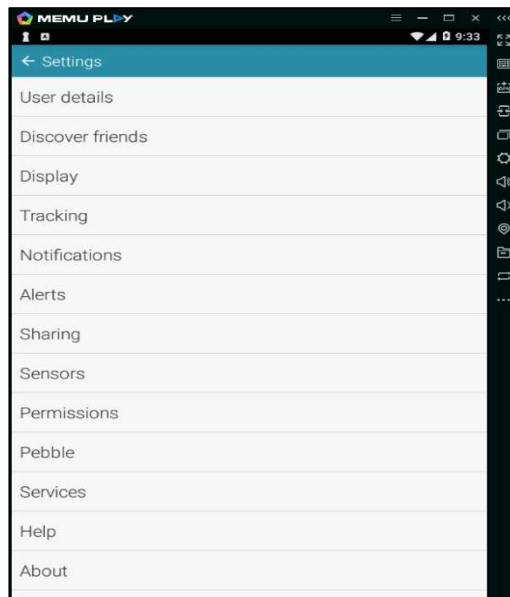
Figura 20. Pantalla configuraciones 1



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Para hacer las configuraciones respectivas, se hace clic en **Settings**. Aparecerá la siguiente pantalla de configuración:

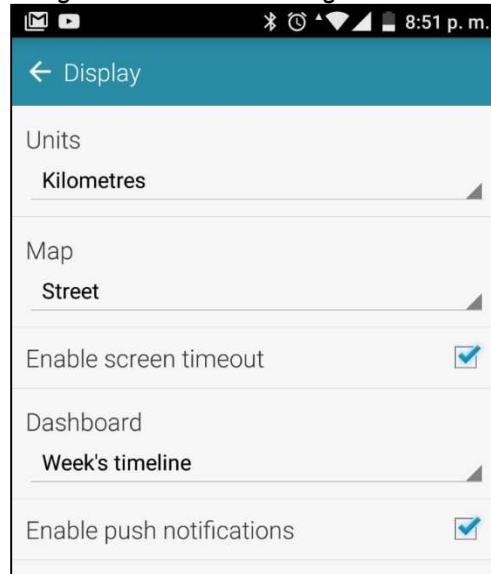
Figura 21. Pantalla configuraciones 2



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Se hace clic en Display, y ahí aparecerá la siguiente imagen. Ahí se configuran las unidades en Kilómetros, para que se muestre así en cada recorrido que se tome.

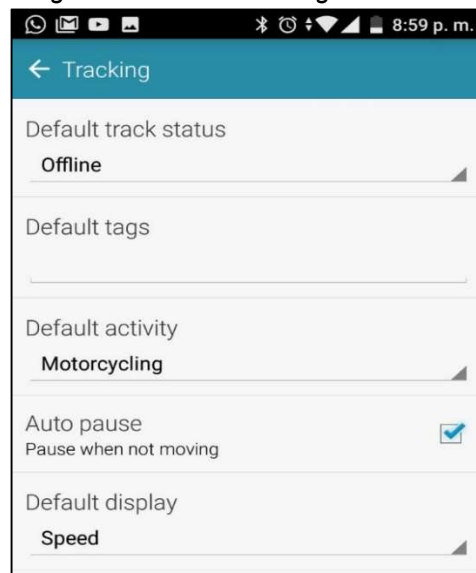
Figura 22. Pantalla configuraciones 3



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Luego, de la pantalla de configuración, seleccionamos Tracking, y ahí aparece la siguiente pantalla. Ahí, configuramos el apartado **Default activity** y lo colocamos de acuerdo con el modo que se vaya a realizar. Para motos, que es el modo que se está analizando, se coloca la opción **Motorcycling** (si fuese para autos, o camiones, o buses, se colocaría **Driving**).

Figura 23. Pantalla configuraciones 4

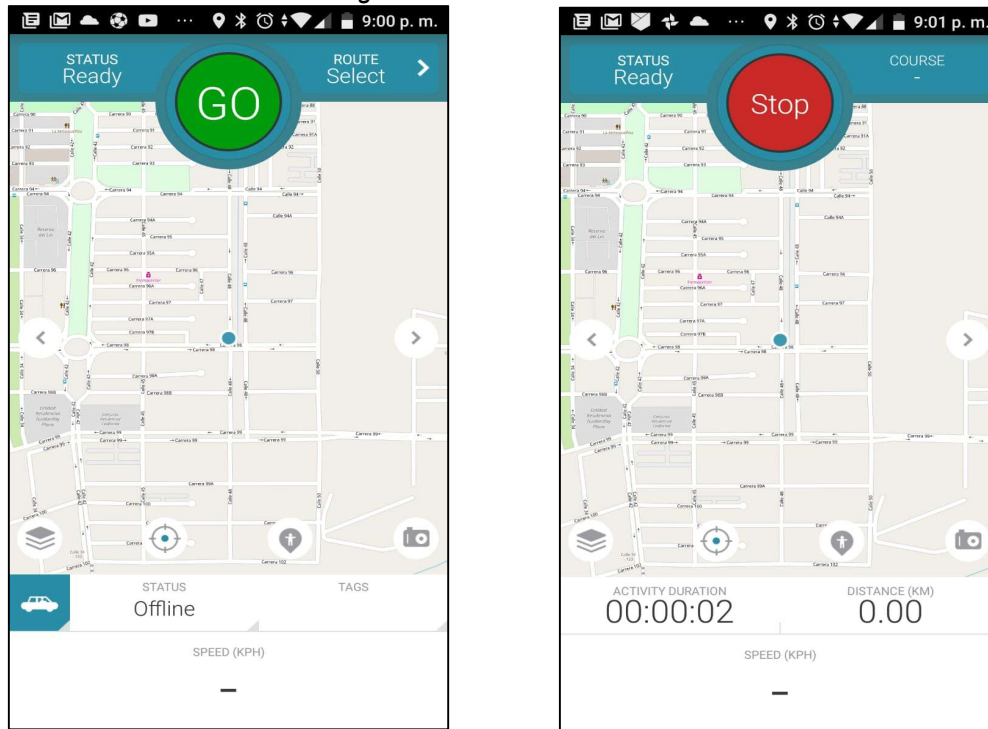


Fuente: Elaboración Propia, 2018

*ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS*

Una vez se tenga la configuración inicial, se regresa a la Pantalla Principal y se hace clic en el símbolo más verde que se encuentra en la parte inferior derecha. Ahí aparecerá la pantalla para iniciar la toma del recorrido. Es importante destacar que El **Status** debe decir **Ready**, lo cual indica que la señal de GPS está activa y lista para tomar información.

Figura 24. Pantalla inicio de recorrido



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez esté el Estatus en Ready, se hace clic en GO (Botón verde superior) para iniciar la toma del recorrido. Una vez se termine el recorrido, se debe hacer clic en Stop (Botón rojo superior). Cuando esto se realiza, aparecerá la siguiente pantalla de sincronización:

Figura 25. Pantalla de sincronización



Fuente: Elaboración Propia, 2018

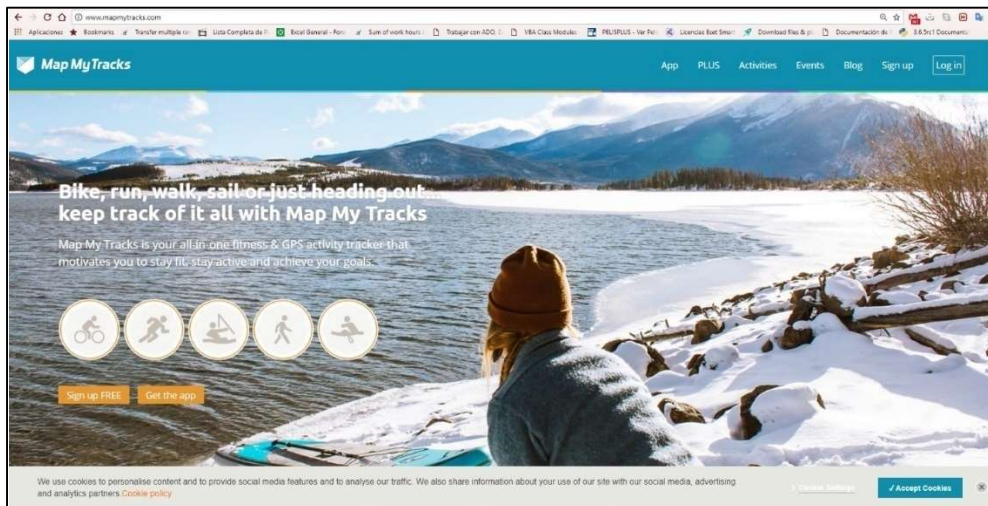
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Ahí, se hace clic en **Public**. Si se tiene conexión de datos, o se está conectado a una red wifi, los datos se sincronizarán con la cuenta web configurada del usuario.

✓ Descarga de la información

En los primeros tramos recolectados, se descargó directamente la información desde la Página Web. Se entra desde el navegador, por la URL: <http://www.mapmytracks.com/>. Aparece la siguiente pantalla:

Figura 26. Pantalla de inicio web



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la parte superior derecha, se hace clic en **Login**, para introducir la información correspondiente a la cuenta en Map My Tracks.

Figura 27. Pantalla de ingreso

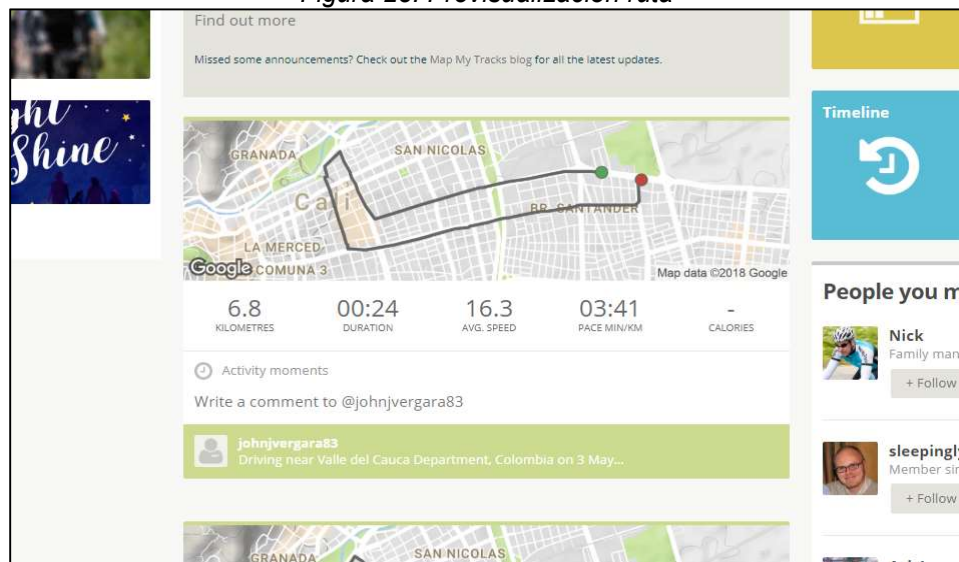
The image shows the login page of the Map My Tracks website. It has a blue background. At the top, it says "Log in" in white. Below that, there are two white input fields. The first field contains the text "johnjvergara83". The second field contains a series of dots, indicating a password. Below the input fields is a blue button with the text "Log in" in white. Below the button, there are two links: "Remember me" and "Forgot?". At the bottom, there's a text block that says "Don't yet have an account? Sign up now. It's free!".

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

A continuación, en la pantalla principal, aparecen las rutas sincronizadas con el usuario. Para descargar el GPX asociado a cada recorrido tomado, se hace clic en cada ruta, que dentro del aplicativo Map My Tracks se denomina actividad. De forma preliminar, se muestra en la Página Web información de la ruta, como la distancia total en Kilómetros, el tiempo de duración del recorrido, la velocidad promedio del tramo, al igual el tiempo que se estuvo detenido en el tramo.

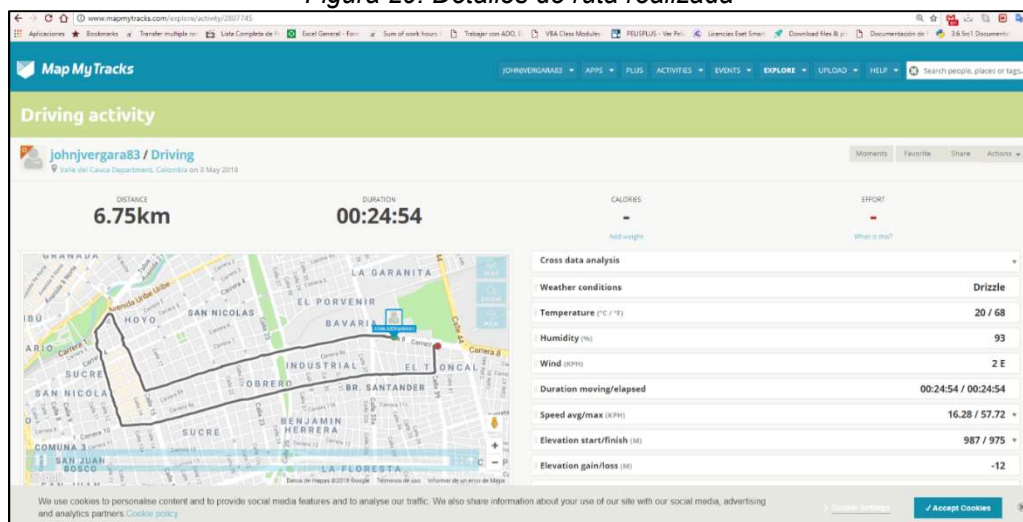
Figura 28. Previsualización ruta



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Al hacer clic en la actividad o ruta, se muestra la siguiente pantalla, donde hay más detalle sobre la ruta en cuestión.

Figura 29. Detalles de ruta realizada



Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Para bajar la información correspondiente a la ruta (Archivo GPX), se hace clic en el botón **Actions**, que se encuentra en la parte superior derecha de la página web. Ahí, se selecciona la opción **Export**, escogiendo la opción de Archivo GPX.

Figura 30. Descarga de la información

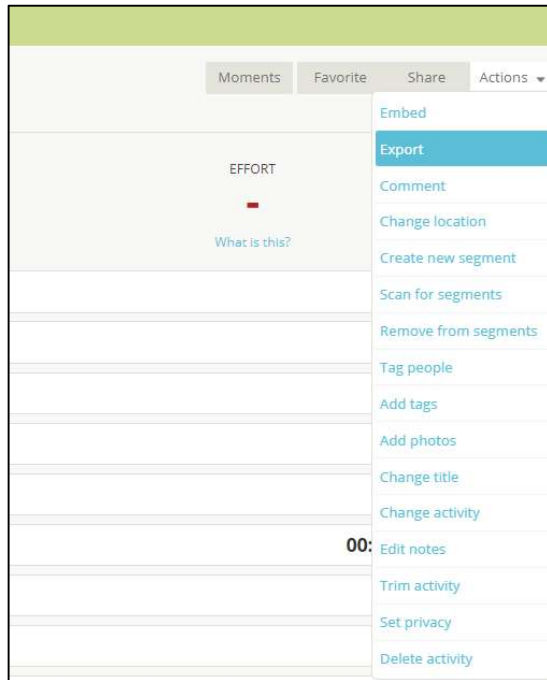


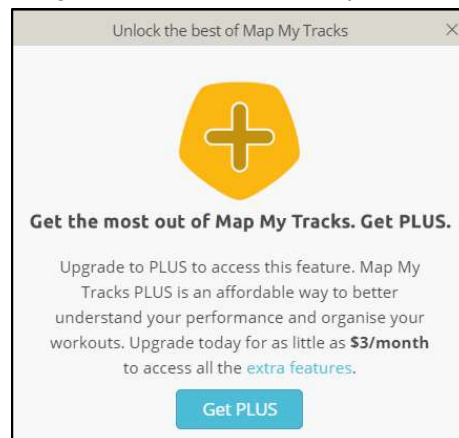
Figura 31. Formato de descarga



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Nota: Un tiempo después de estar trabajando con la página web para la descarga de información, hubo un cambio de políticas del aplicativo, el cual no permitía hacer la descarga del archivo, a menos que se hiciese una suscripción mensual o anual a la plataforma, apareciendo el siguiente mensaje:

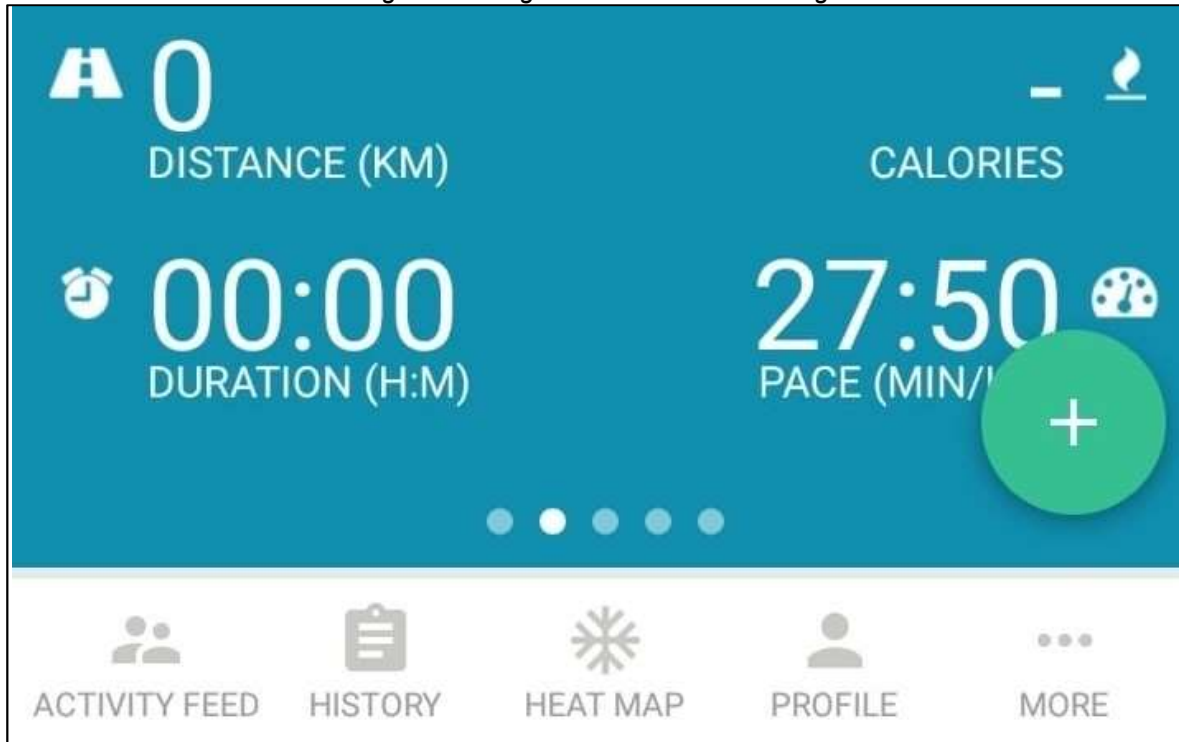
Figura 32. Políticas de la aplicación



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Entonces, se cambió de estrategia para realizar la descarga del archivo, a través del aplicativo móvil, de cada usuario. En la pantalla principal de este aplicativo móvil, en la parte inferior, hay un botón que se denomina **History**. Se hace clic en él:

Figura 33. Segundo método de descarga

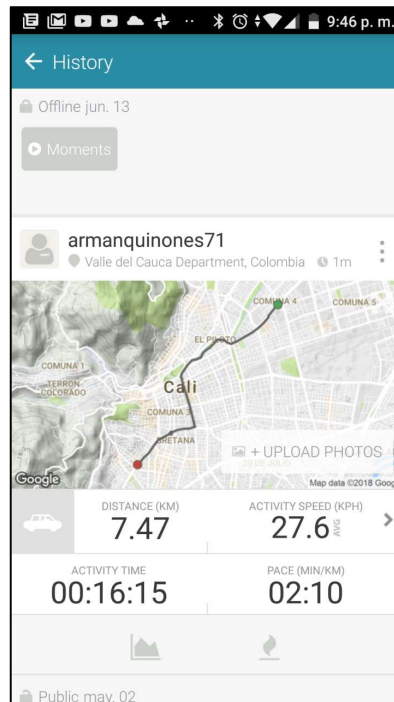


Fuente: Elaboración Propia, 2018

Al hacer clic, aparecen las rutas tomadas desde el dispositivo. Ahí, se hace clic en los tres puntos verticales que se encuentran en la parte superior derecha de la ruta, y se hace clic en **Share**, y luego en **Share with other apps**, para escoger la opción Gmail.

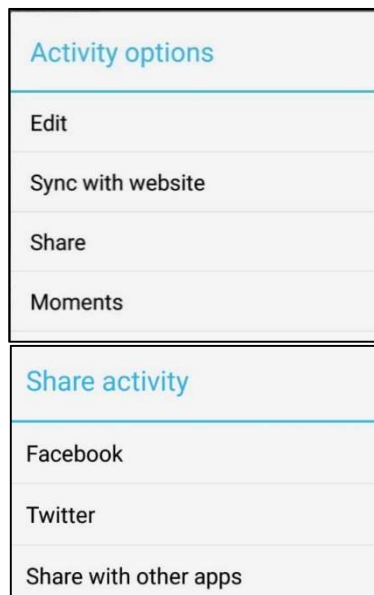
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Figura 34. Pantalla History



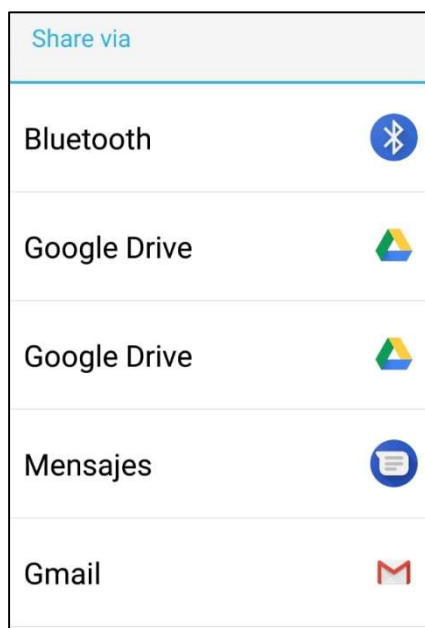
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 35. Opciones de compartir



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 36. Elegir medio para compartir



Fuente: Elaboración Propia, 2018

De inmediato conectará con la cuenta Gmail asociada al teléfono, en donde aparecerá como archivo adjunto el GPX para descargar.

7.3.3 Recorridos de motos. Indicaciones

A continuación, se muestran las imágenes y tablas de los recorridos diseñados para el *análisis de velocidades y tiempos de recorrido de la zona centro - oeste de la ciudad de Santiago de Cali. Para el modo vehicular motos:*

Indicaciones de las rutas

A continuación, se hará una descripción de las rutas propuestas, las cuales fueron diseñadas para cubrir las vías más importantes de la zona Centro – Oeste de la ciudad de Cali.

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

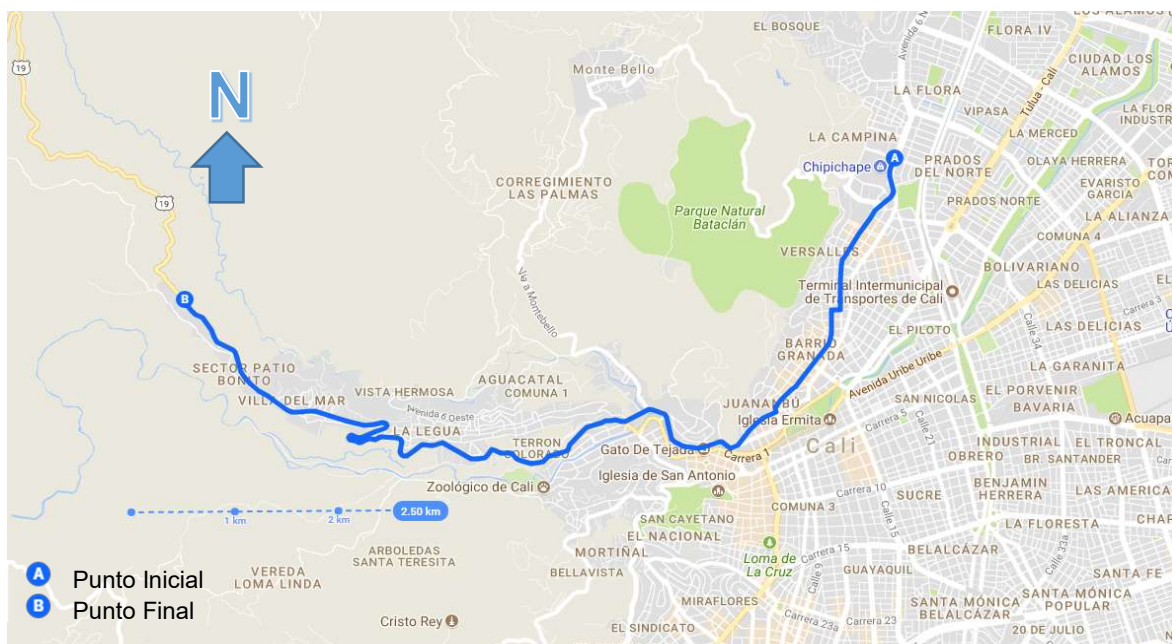
Tabla 5. Tabla General de Rutas

Recorrido	Longitud
RUTA 1 - IDA	11056 m.
RUTA 1 - VUELTA	11946 m.
RUTA 2	9146 m.
RUTA 3	9550 m.
RUTA 4	10298 m.
RUTA 5 – IDA	2467 m.
RUTA 5 – VUELTA	13339 m.
RUTA 6	14420 m.
RUTA 7	16406 m.
RUTA 8	11039 m.
RUTA 9	7666 m.
RUTA 10	4688 m.
RUTA 11	8320 m.
Longitud Total Rutas	130341 m.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

RUTA 1 – IDA:

Figura 37. Ruta 1 ida



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

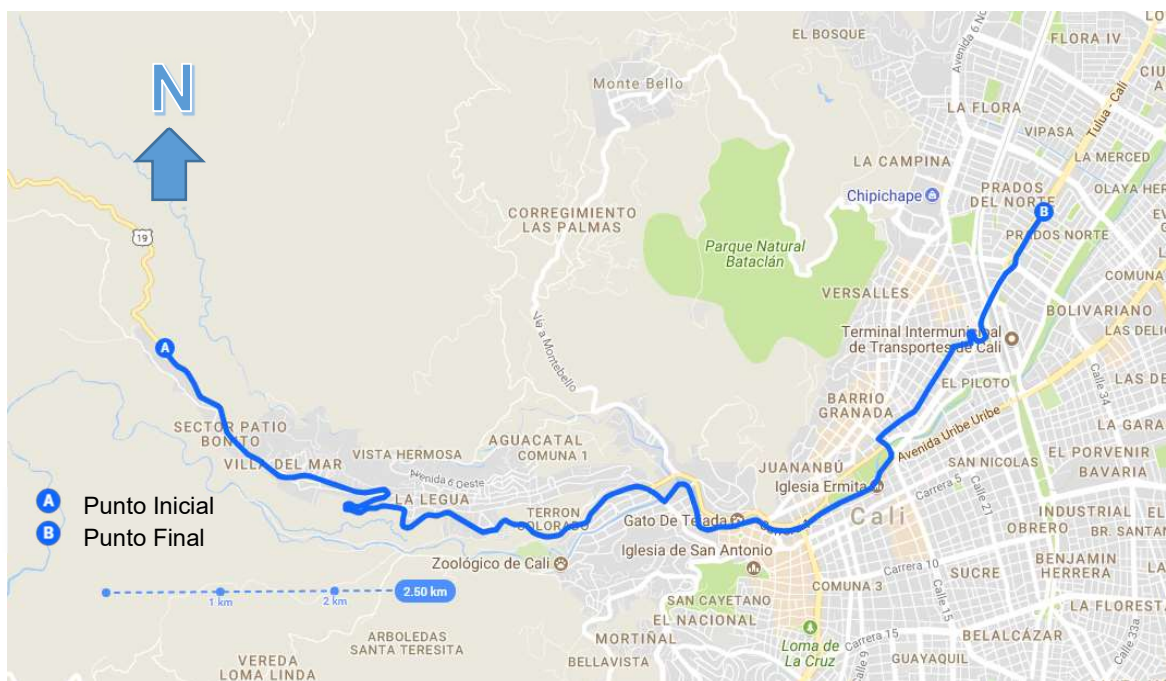
Tabla 6. Indicaciones Ruta 1 – Ida

INDICACIONES RUTA 1 - IDA, Longitud: 11056 m.	Longitud
A Av. 6 Nte., Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al sur por Av. 6 Nte. hacia Cl. 38 Nte.	937 m.
Continúa por Av. 6a Nte.	759 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 22 Nte.	89 m.
Gira a la izquierda en la 1ª intersección hacia Av. 8 Nte.	1200 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 4 Nte.	595 m.
Continúa por Av. 4 Oe. / Carretera 19	822 m.
Continúa hacia Av. 4 Oe.	413 m.
Continúa recto hacia Av. 4 Oe. / Av. 5 Oe. Continúa hacia Av. 4 Oe.	3660 m.
Mantente a la derecha para permanecer en Av. 4 Oe.	1650 m.
Continúa por Av. 6 Oe.	931 m.
Continúa por Cali - Dagua/Av. Los Conquistadores	
B Av. Los Conquistadores, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

RUTA 1 – VUELTA:

Figura 38. Ruta 1 vuelta



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Tabla 7. Indicaciones Ruta 1 - Vuelta

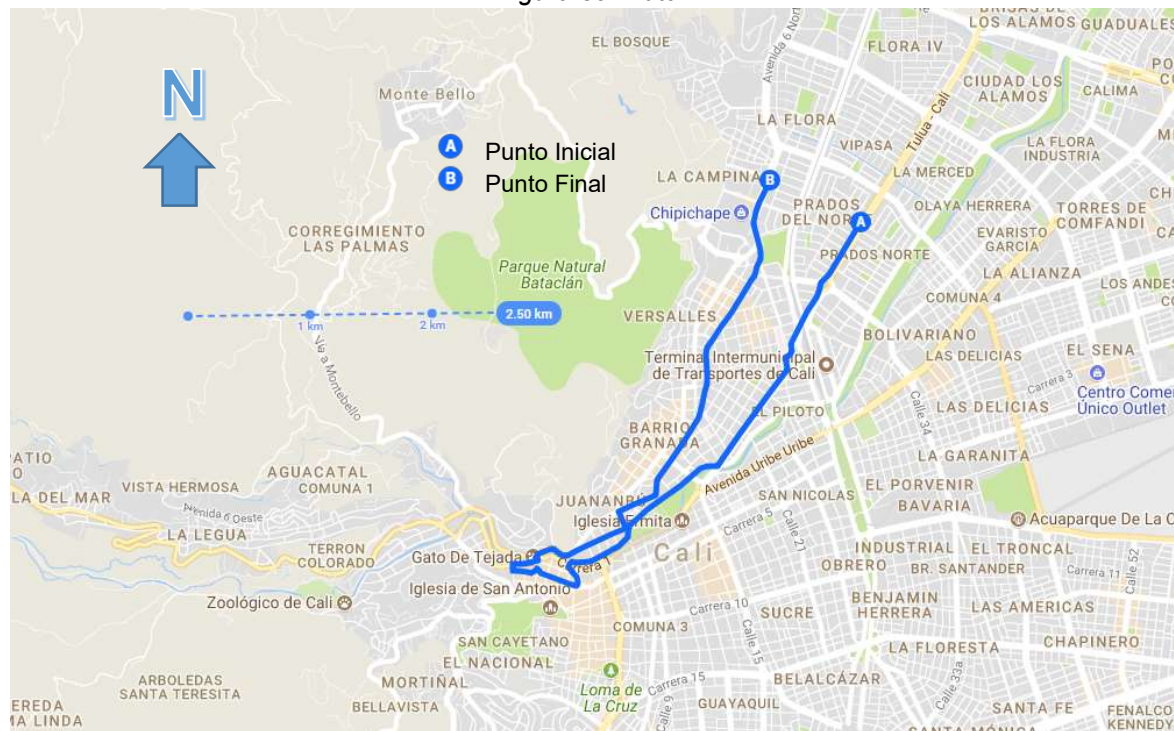
INDICACIONES RUTA 1 – VUELTA, Longitud: 11946 m.	Longitud
A Av. Los Conquistadores, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al sur por Cali – Dagua / Av. Los Conquistadores / Carretera 19 hacia Carretera 19.	
Continúa hacia Av. Los Conquistadores	1370 m.
Continúa por Av. 6 Oe.	1190 m.
Continúa por Av. 4 Oe.	3660 m.
Av. 4 Oe. gira levemente a la derecha y se convierte en Carretera 19	106 m.
Continúa hacia Cra. 1 Oe.	550 m.
Continúa por Av. 1	286 m.
Continúa por Cra. 1	690 m.
Gira levemente a la izquierda para continuar en Cra. 1	885 m.
Toma la salida de la izquierda en dirección a Cl. 15 Nte.	308 m.
Continúa por Cl. 15 Nte.	62 m.
Continúa recto por Cl. 15 Nte.	47 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 4 Nte.	1060 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 23c Nte.	132 m.
Continúa recto hacia Av. 3 Bis Nte.	111 m.
Gira a la derecha para incorporarte a Tuluá - Cali	118 m.
Gira a la izquierda para continuar por Tuluá - Cali	789 m.
En la rotonda, toma la 2. ^a salida en dirección a Av. 3 Nte. / Cr. Cali – Yumbo / Tuluá - Cali	582 m.
B Cr. Cali - Yumbo #39 Norte-2 a 39 Norte-68, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

ruta 2:

Figura 39. Ruta 2



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 8. Indicaciones Ruta 2

INDICACIONES RUTA 2, Longitud: 9146 m.	Longitud
➊ Cr. Cali - Yumbo #40 Norte-1 a 40 Norte-127, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al suroeste por Av. 3 Nte./Cr. Cali - Yumbo/Tulua - Cali hacia Cl. 40 Nte. Continúa hacia Av. 3 Nte./Tulua - Cali	568 m.
En la rotonda, toma la 2. ^a salida en dirección a Autopista Cali Yumbo/Tulua – Cali	
Continúa hacia Tulua - Cali	793 m.
Continúa recto hacia Av. las Américas/Tulua - Cali	1010 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 3 Nte.	446 m.
Continúa por Av. 2 Nte.	527 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 1 Nte.	210 m.
Gira levemente a la derecha para continuar por Av. 1 Nte.	328 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 2/Cl. 2aContinúa hacia Cl. 2a	223 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 3	583 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 5 Oe.	56 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 1	198 m.
Gira a la izquierda con dirección a Av. 4 Oe. / Cl. 3 Oe.	39 m.

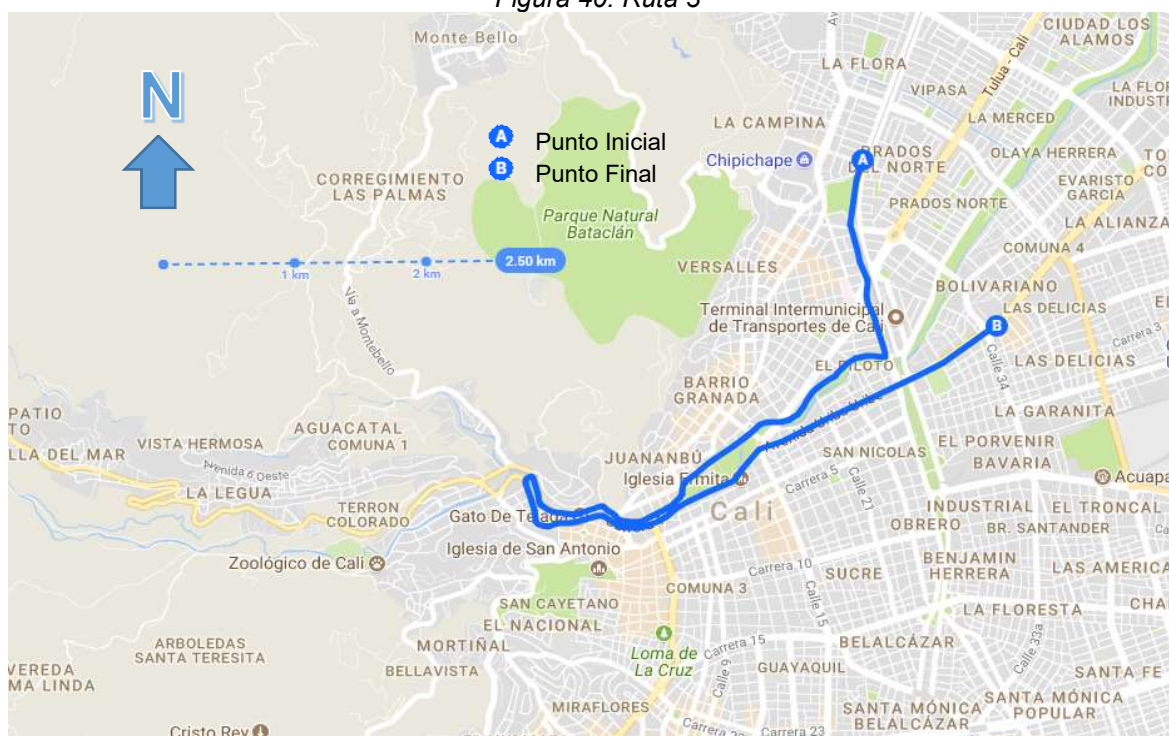
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Gira a la derecha para continuar en Av. 4 Oe. / Cl. 3 Oe. Continúa hacia Av. 4 Oe.	401 m.
Continúa por Av. 2 Nte.	415 m.
Av. 2 Nte. gira levemente a la izquierda y se convierte en Cl. 8 Nte.	160 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 4 Nte.	341 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 12 Nte.	98 m.
Continúa por Av. 6 Nte.	2750 m.
B Av. 6 Nte. #40N-08, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

ruta 3:

Figura 40. Ruta 3



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

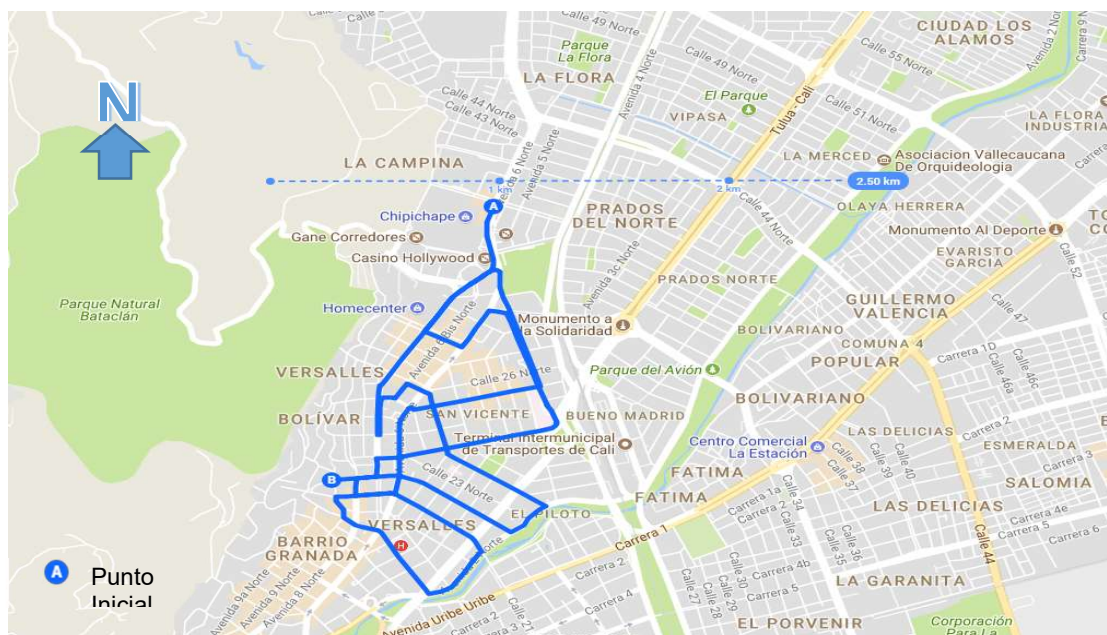
Tabla 9. Indicaciones Ruta 3

INDICACIONES RUTA 3, Longitud: 9550 m.	Longitud
A Av. 4 Nte. #38 Norte-1 a 38 Norte-77, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al sur por Av. 4 Nte. hacia Cl. 38 Nte.	1410 m.
Continúa recto hacia Cl. 25 Nte.	177 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 2 Nte.	1050 m.
Continúa por Av. 3 Nte.	469 m.
Continúa por Av. 2 Nte.	527 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 1 Nte.	210 m.
Gira levemente a la derecha para continuar por Av. 1 Nte.	366 m.
Continúa recto hacia Av. 4 Nte. / Av. 4 Oe. Continúa hacia Av. 4 Oe.	881 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 1	103 m.
Cra. 1 gira levemente a la izquierda y se convierte en Av. 1/Cra. 1 Oe. Continúa hacia Av. 1	505 m.
Continúa por Cra. 1	690 m.
Gira levemente a la izquierda para continuar en Cra. 1	885 m.
Continúa recto hacia Av. Uribe Uribe	1300 m.
Continúa por Cra. 1	977 m.
B Cra. 1 #35-2 a 35-130, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

RUTA 4:

Figura 41. Ruta 4



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Tabla 10. Indicaciones Ruta 4

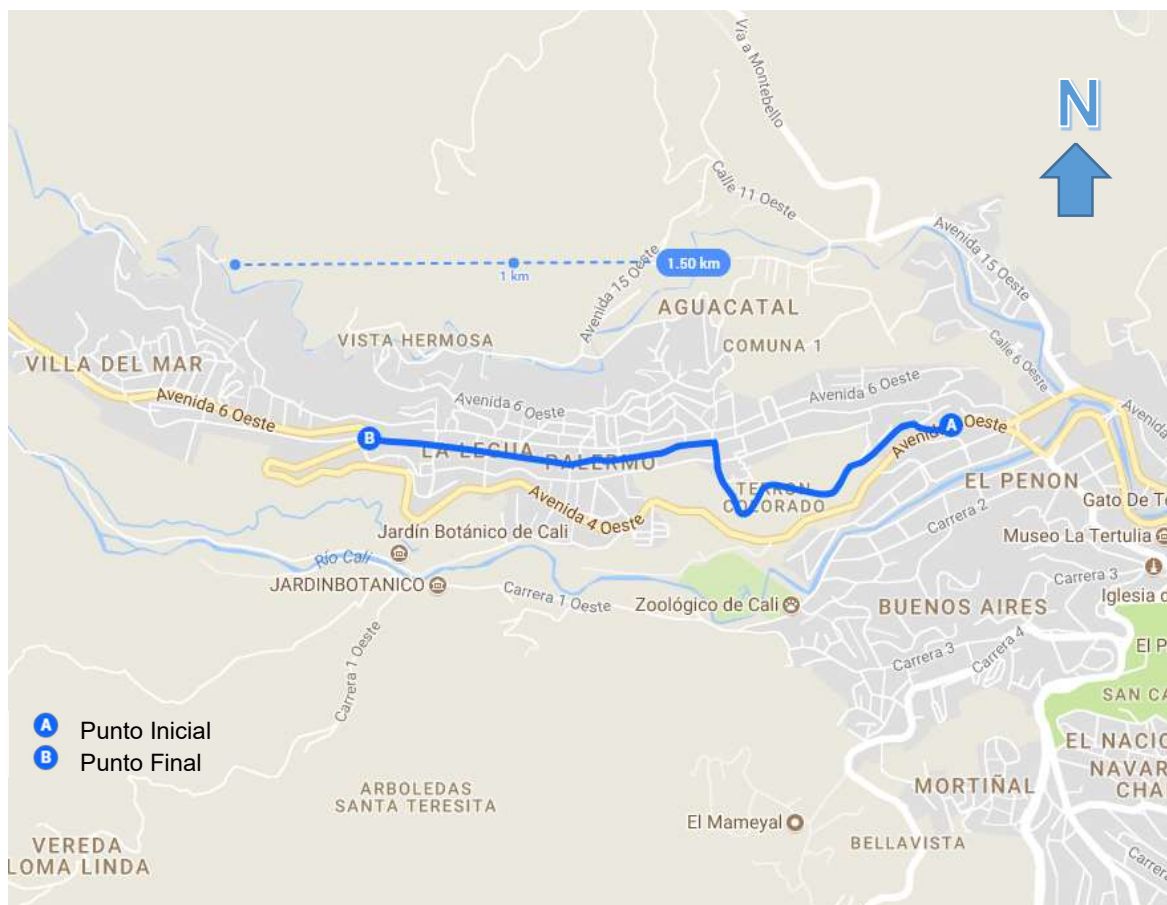
INDICACIONES RUTA 4, Longitud: 10298 m.	Longitud
A Av. 6 Nte. #37 Norte-340 a 37 Norte-398, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al sur por Av. 6 Nte. hacia Cl. 40 Nte.	783 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 29 Nte.	205 m.
Gira a la izquierda con dirección a Av. 6 Nte.	231 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 34 Nte.	78 m.
Gira a la derecha en la 1ª intersección hacia Av. 2b Nte.	565 m.
Gira levemente a la derecha con dirección a Cl. 23d Nte.	783 m.
Mantente a la izquierda para continuar por Cl. 23 Nte.	104 m.
Gira a la izquierda con dirección a Av. 6a Nte.	114 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 22 Nte.	89 m.
Gira a la izquierda en la 1ª intersección hacia Av. 8 Nte.	97 m.
Gira a la izquierda en la 1ª intersección hacia Cl. 21/Cl. 21 Nte.	668 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 2 Nte.	343 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 18 Nte.	588 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 9 Nte.	122 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 21/Cl. 21 Nte.	258 m.
Gira a la izquierda con dirección a Av. 6 Nte.	487 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 25 Nte.	583 m.
Gira a la izquierda con dirección a Av. 2b Nte.	573 m.
Continúa recto hacia Av. 6 Nte.	91 m.
Gira a la izquierda para continuar por Av. 6 Nte.	584 m.
Continúa por Av. 6a Nte.	528 m.
Da vuelta en U en Cl. 24 Nte.	272 m.
Av. 6a Nte. gira a la izquierda y se convierte en Av. 6 Bis Nte.	96 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 26 Nte.	114 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 5b Nte.	340 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 23a Nte.	514 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 2 Nte.	214 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 22 Nte.	874 m.
B Cl. 22 Nte. #6A-24, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018, Generada por Google My Maps

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

ruta 5 – ida:

Figura 42. Ruta 5 ida




Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 11. Indicaciones Ruta 5 - Ida

INDICACIONES RUTA 5 – IDA, Longitud: 2467 m.		Longitud
A Av. 4 Oe. #7 Oeste-160 a 7 Oeste-256, Cali, Valle del Cauca, Colombia		
Dirígete al oeste por Av. 4 Oe. hacia Av. 4b Oe.		54 m.
Gira levemente a la derecha con dirección a Av. 4b Oe.		372 m.
Continúa por Av. 4 Oe.		484 m.
Av. 4 Oe. gira a la derecha y se convierte en Cl. 19 Oe.		297 m.
Gira a la izquierda con dirección a Av. 5 Oe.		1260 m.
B Av. 6 Oe. #26 Oeste-15, Cali, Valle del Cauca, Colombia		

Fuente: Elaboración Propia, 2018, Generada por Google My Maps

*ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS*

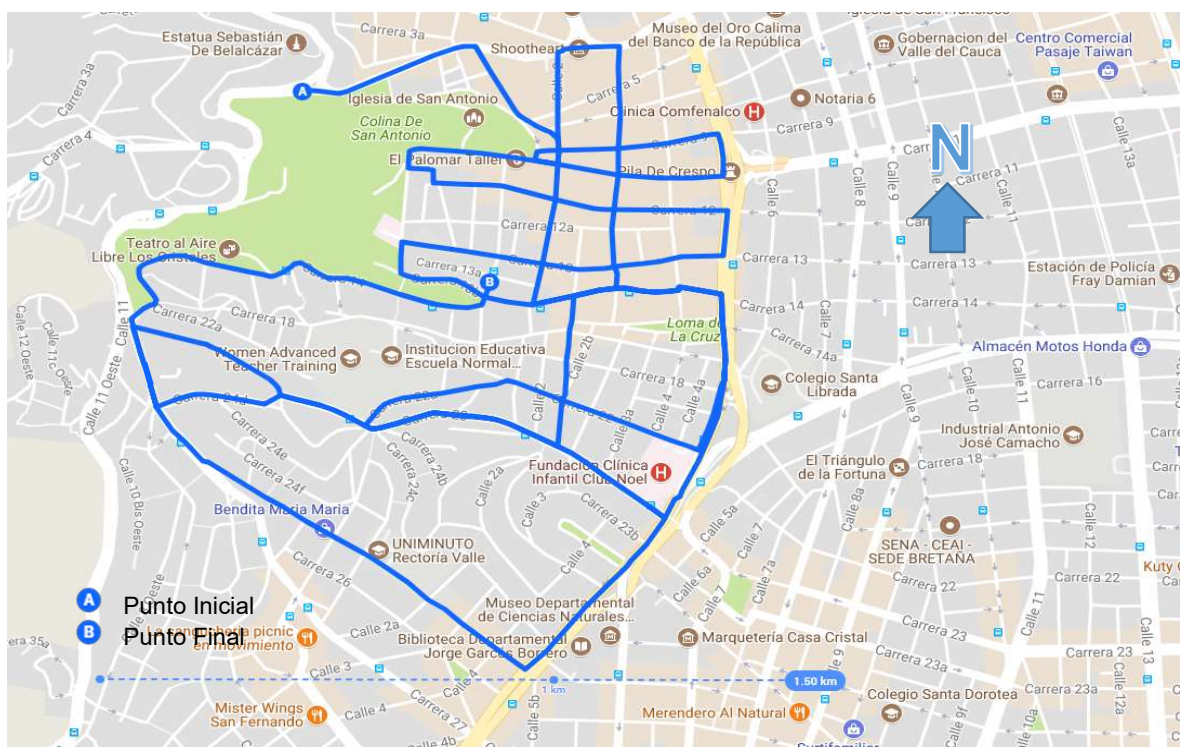
Cl. 19 Oe. gira a la izquierda y se convierte en Av. 4 Oe.	484 m.
Mantente a la derecha para continuar por Av. 4b Oe.	282 m.
Gira a la derecha para continuar en Av. 4b Oe.	90 m.
Gira a la izquierda con dirección a Av. 4 Oe.	312 m.
Av. 4 Oe. gira levemente a la derecha y se convierte en Carretera 19	106 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 1/Cra. 1 Oe.	123 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 9 Oe.	72 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 2	121 m.
Continúa recto hacia Cra. 2 Bis	57 m.
Cra. 2 Bis gira a la derecha y se convierte en Cl. 7 Oe.	187 m.
Cl. 7 Oe. gira levemente a la izquierda y se convierte en Cra. 2	398 m.
Cra. 2 gira levemente a la derecha y se convierte en Av. Circunvalar	2370 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 4b	236 m.
Gira levemente a la derecha con dirección a Cra. 34	85 m.
Mantente a la derecha para permanecer en Cra. 34.	39 m.
Mantente a la derecha para permanecer en Cra. 34.	276 m.
Cra. 34 gira a la derecha y se convierte en Cl. 3 Oe.	80 m.
Gira a la izquierda con dirección a Av. Circunvalar/Cra. 27Continúa hacia Av. Circunvalar	1800 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 5 Oe.	58 m.
Continúa por Cra. 2	398 m.
Continúa por Cl. 7 Oe.	248 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 1a	220 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 1 / Cra. 1 Oe.	90 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 1b	178 m.
 Cra. 1b #6 Oeste-100, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada de Google My Maps

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

ruta 6:

Figura 44. Ruta 6



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 13. Indicaciones Ruta 6

INDICACIONES RUTA 6, Longitud: 14420 m.	Longitud
A Av. Circunvalar, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al este por Av. Circunvalar hacia Cl. 5 Oe.	88 m.
Continúa por Cra. 4	317 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 1	220 m.
Continúa por Cra. 6	79 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 2	60 m.
Gira a la derecha en la 2ª intersección hacia Cra. 10.	53 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 9	426 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali	104 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 10	741 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 12	87 m.
Gira a la izquierda para continuar por Cra. 12	654 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali	109 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 13	716 m.

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Gira a la izquierda con dirección a Cl. 3 Oe.	90 m.
Continúa por Cra. 13b	188 m.
Continúa por Cra. 14	436 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 4	8 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 14	96 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali	210 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 5	179 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 22	453 m.
Gira levemente a la izquierda con dirección a Cra. 22a	343 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 23	447 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 2a	367 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 14	95 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 3	589 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 4	138 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 2	617 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 14	327 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 4	8 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 14	96 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali	210 m.
Mantente a la izquierda para continuar por Cl. 5 / Santander de Quilichao - Cali/Carretera 25. Continúa hacia Cl. 5 / Santander de Quilichao - Cali	363 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 23	943 m.
Gira a la derecha en Cra. 24d	377 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 10 Oe.	192 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 24d	247 m.
Gira a la izquierda hacia Cra. 23	244 m.
Continúa por Cra. 23	742 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali	106 m.
Mantente a la izquierda para continuar por Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali/Carretera 25.	37 m.
Mantente a la derecha para continuar por Cl. 5/Carretera 25. Continúa hacia Cl. 5	336 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 25	873 m.
Gira levemente a la derecha para continuar por Cra. 25	98 m.
Continúa por Cl. 10 Oe.	291 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 22a	55 m.
Continúa recto hacia Cl. 9 Oe.	80 m.
Cl. 9 Oe. gira levemente a la derecha y se convierte en Cra. 14	825 m.

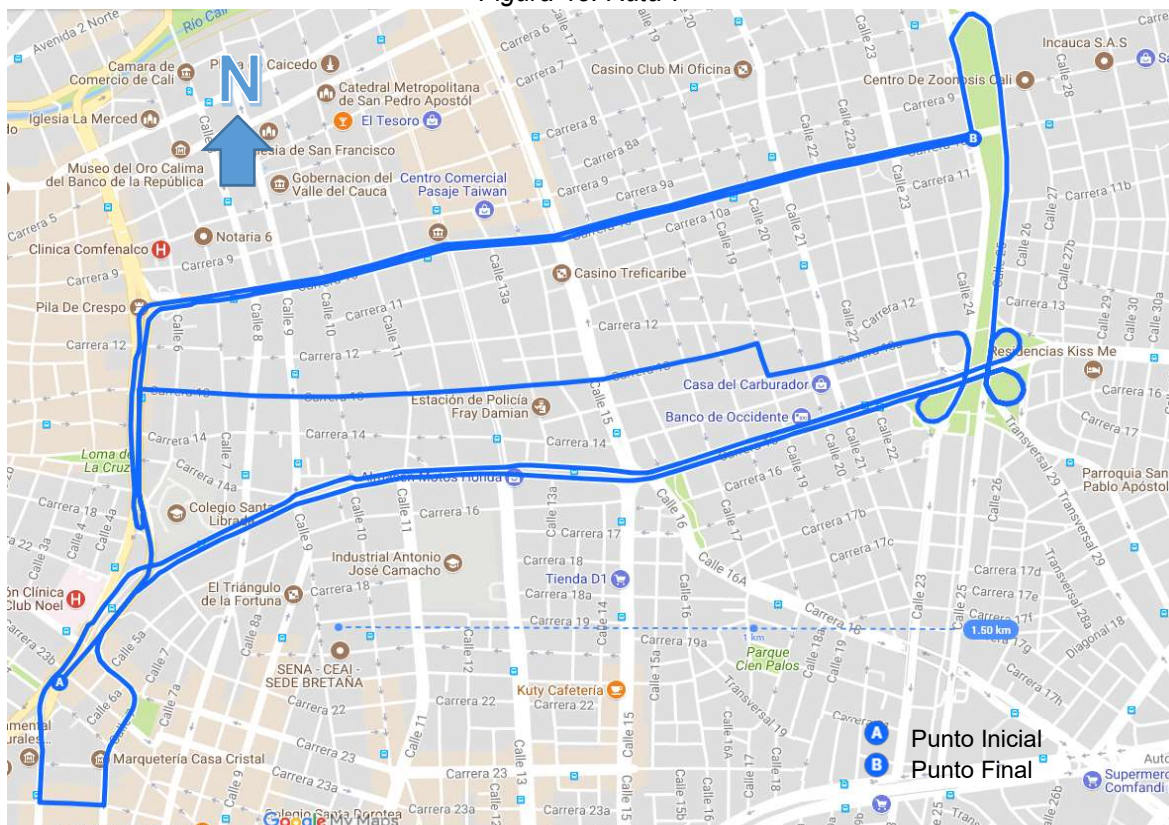
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Gira a la izquierda con dirección a Cl. 1 Oe.	60 m.
B Cl. 1 Oe. #12a-20, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

ruta 7:

Figura 45. Ruta 7



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 14. Indicaciones Ruta 7

INDICACIONES RUTA 7, Longitud: 16406 m.	Longitud
A Cl. 5 #23b-2 a 23b-74, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al nordeste por Cl. 5 hacia Cra. 23b.	289 m.
Gira levemente a la derecha con dirección a Cra. 15	2200 m.
Gira a la derecha para acceder a la rampa en dirección a Autopista Sur	90 m.
Mantente a la derecha y pasa a Cl. 25.	236 m.
Gira a la derecha para acceder a la rampa Cra. 15 al Occdte en dirección a Calle 5/Calle 23	147 m.
Incorpórate a Cra. 15	2370 m.
Gira levemente a la derecha con dirección a Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali	170 m.

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Mantente a la izquierda para continuar por Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali/Carretera 25.	37 m.
Gira levemente a la izquierda con dirección a Puente Calle 6/Santander de Quilichao - Cali	137 m.
Continúa recto hacia Cl. 6/Santander de Quilichao - Cali	147 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 25	156 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 7/Santander de Quilichao – Cali. Continúa hacia Santander de Quilichao - Cali	491 m.
Continúa recto hacia Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali	122 m.
Mantente a la izquierda para permanecer en Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali.	522 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 13	1500 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 19	85 m.
Gira a la izquierda en la 1ª intersección hacia Cra. 13a.	522 m.
Gira levemente a la derecha con dirección a Cl. 25	178 m.
Gira levemente a la derecha para incorporarte a Cra. 15	327 m.
Gira a la derecha para acceder a la rampa en dirección a Autopista Sur	90 m.
Mantente a la derecha y pasa a Cl. 25.	1030 m.
Dar vuelta en U.	377 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 10	1920 m.
Mantente a la izquierda en la bifurcación y pasa a Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali.	635 m.
Dar vuelta en U. Continúa hacia Cl. 5/Santander de Quilichao - Cali	578 m.
Gira levemente a la derecha con dirección a Cra. 10El destino está a la izquierda.	2050 m.
📍 Cl. 25 #10-2, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

ruta 8:

Figura 46. Ruta 8

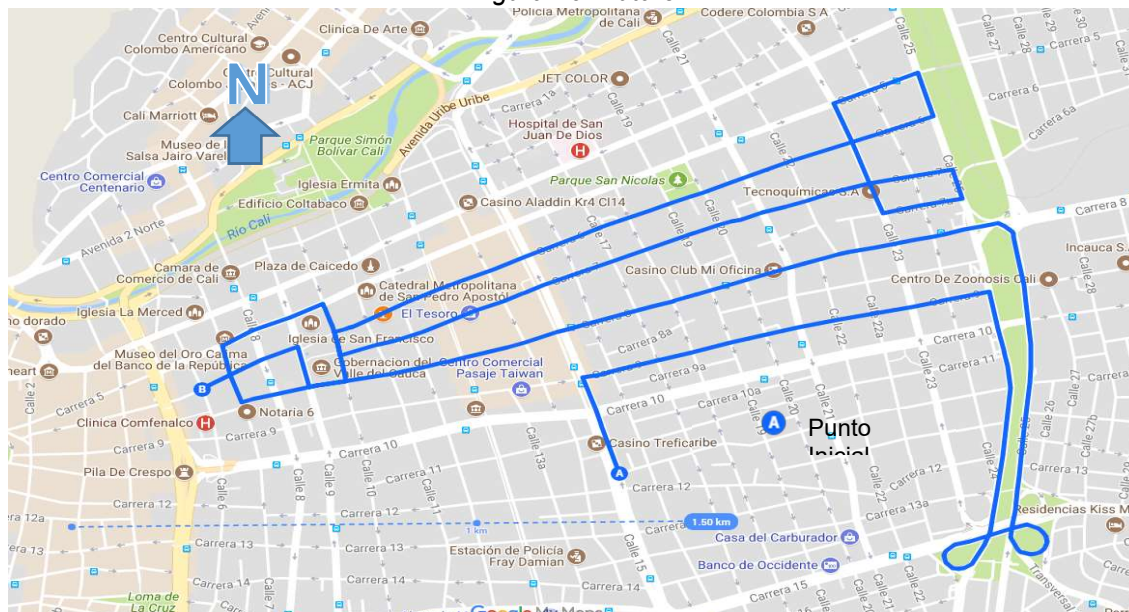


Tabla 15. Indicaciones Ruta 8

INDICACIONES RUTA 8, Longitud: 11039 m.	Longitud
A Cl. 15 #11b-5, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al norte por Cl. 15 hacia Cra. 10.	296 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 9	1030 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 25	822 m.
Gira levemente a la derecha para incorporarte a Cra. 15	327 m.
Gira a la derecha para acceder a la rampa en dirección a Autopista Sur	90 m.
Mantente a la derecha y pasa a Cl. 25.	1030 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 8	1990 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 7	174 m.
Gira a la derecha en la 2ª intersección hacia Cra. 5.	279 m.
Gira a la derecha en la 3ª intersección hacia Cl. 10.	160 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 7	1610 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 25	88 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 7a	201 m.
Gira a la derecha en la 2ª intersección hacia Cl. 23.	344 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 5	225 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 25	133 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 6	1610 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 10	147 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 8	93 m.

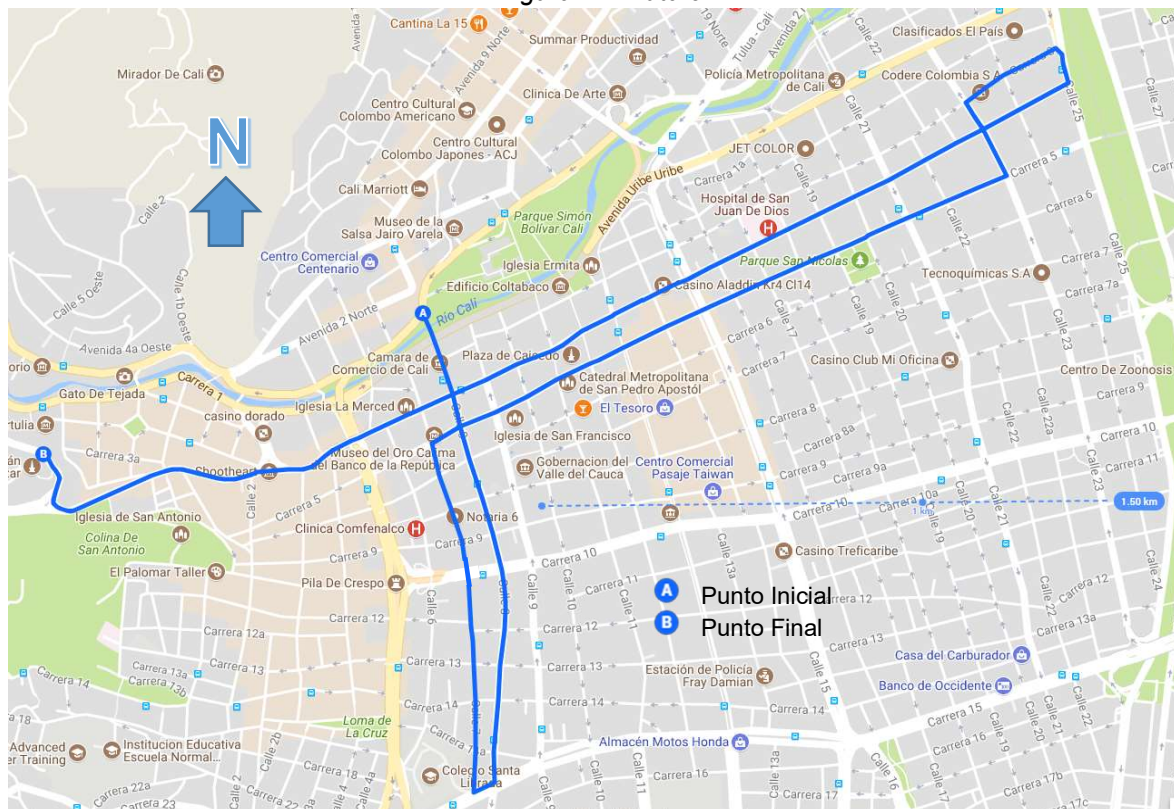
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Gira a la derecha con dirección a Cl. 9	122 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 6	267 m.
● Cl. 6 #6-63, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

ruta 9:

Figura 47. Ruta 9



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 16. Indicaciones Ruta 9

INDICACIONES RUTA 9, Longitud: 7666 m.	Longitud
● Av. 1 Nte. #7 Norte-123, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al sur por Cl. 8 hacia Cra. 3.	1290 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 15	61 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 7 hacia Cra. 9	940 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 5	1670 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 23	225 m.
Gira a la derecha en la 2ª intersección hacia Cra. 3.	278 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 25	102 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 4	2900 m.
Cra. 4 gira levemente a la derecha y se convierte en Cl. 5 Oe.	87 m.

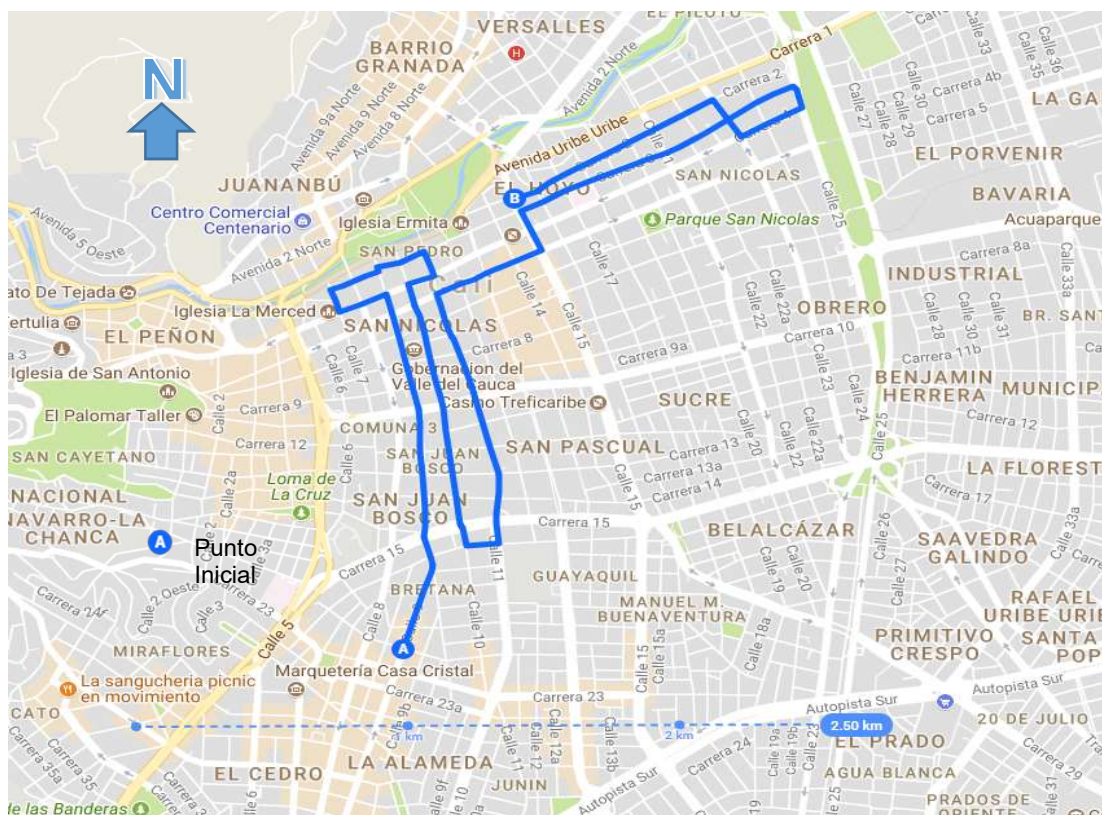
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Continúa por Cra. 2	112 m.
B Cra. 2 #5 Oeste-109 a 5 Oeste-159, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

ruta 10:

Figura 48. Ruta 10



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 17. Indicaciones Ruta 10

INDICACIONES RUTA 10, Longitud: 4688 m.	Longitud
A Av. Uribe Uribe #19-124, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al noreste por Cra. 1/Av. Uribe Uribe hacia Cl. 21.	93 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 21	95 m.
Continúa recto por Cl. 21	1580 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 15	413 m.
Gira a la derecha para acceder a la rampa en dirección a Autopista Sur	90 m.
Mantente a la derecha y pasa a Cl. 25.	236 m.
Gira a la derecha para acceder a la rampa Cra. 15 al Occidente en dirección a Calle 5/Calle 23	147 m.
Incorpórate a Cra. 15	123 m.
Toma la salida hacia Centro/Autopista Sur	91 m.

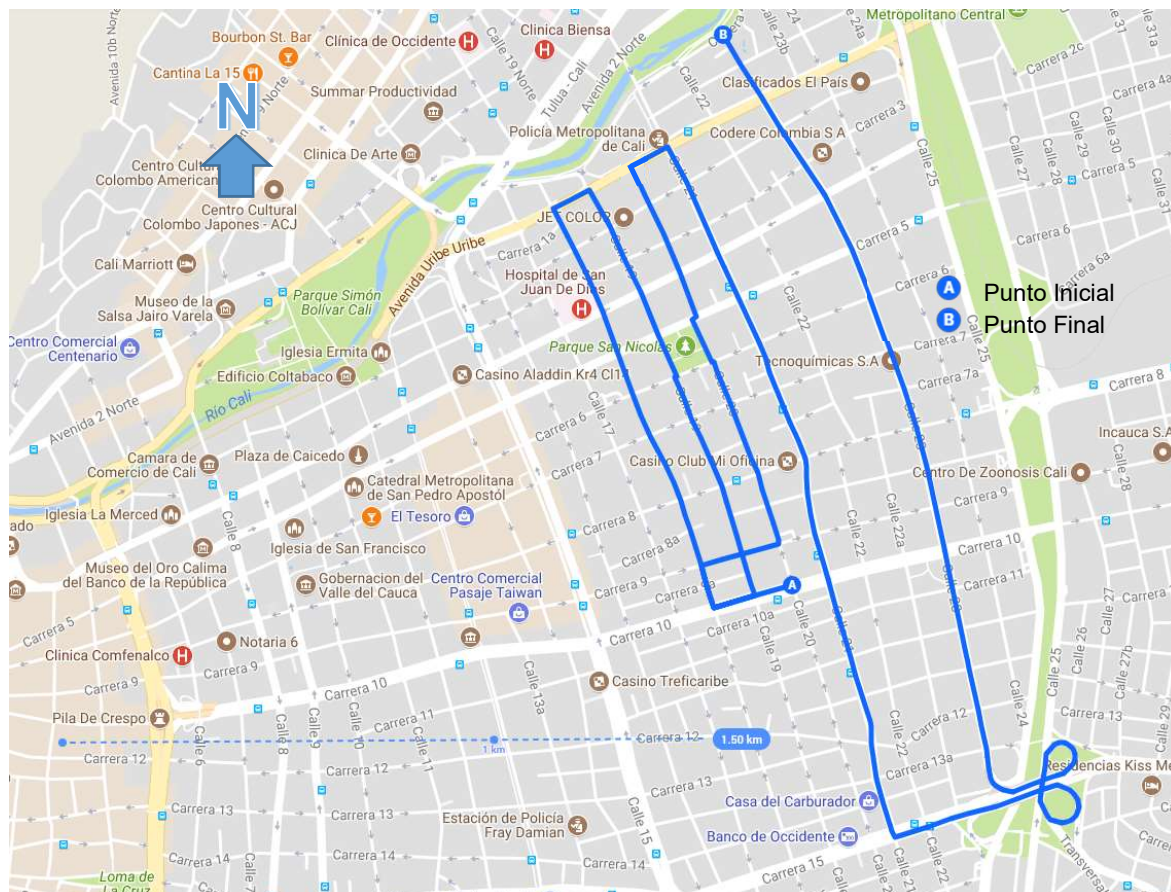
**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Continúa por Cl. 23	1820 m.
B Cl. 23 #3 Norte-89, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

ruta 11:

Figura 49. Ruta 11



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 18. Indicaciones Ruta 11

INDICACIONES RUTA 11, Longitud: 8320 m.	Longitud
A Cra. 10 #19-10, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al oeste por Cra. 10 hacia Cl. 19.	189 m.
Gira a la derecha en la 2ª intersección hacia Cl. 18.	997 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 1/Av. Uribe Uribe	95 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 19	1020 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 10	98 m.
Gira a la derecha en la 1ª intersección hacia Cl. 18.	101 m.
Gira a la derecha en la 2ª intersección hacia Cra. 9.	187 m.

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Gira a la izquierda en la 2ª intersección hacia Cl. 20.	449 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 6	6 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 20	108 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 5	12 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 20	370 m.
Gira a la derecha hacia Cra. 1/Av. Uribe Uribe hacia Cl. 21.	93 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 21	95 m.
Continúa recto por Cl. 21	1580 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 15	413 m.
Gira a la derecha para acceder a la rampa en dirección a Autopista Sur	90 m.
Mantente a la derecha y pasa a Cl. 25.	236 m.
Gira a la derecha para acceder a la rampa Cra. 15 al Occdte en dirección a Calle 5/Calle 23	147 m.
Incorpórate a Cra. 15	123 m.
Toma la salida hacia Centro/Autopista Sur	91 m.
Continúa por Cl. 23	1820 m.
B Cl. 23 #3 Norte-89, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

7.3.4 Ejecución estudio de velocidades

Los recorridos en moto iniciaron el 17 de abril del 2018 y finalizaron el 22 de mayo del 2018, sobre la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali. A continuación, en la tabla 20 se nombrar a los aforadores con sus respectivas cuentas MAP MY TRACKS, y en la tabla 21 los recorridos y días ejecutados por aforador.

Tabla 19. Aforadores de motos y cuentas MMT

MOTOS		
AFORADOR	NOMBRE	CUENTA MMT
1	Paola Andrea Jaramillo	paola1jaramillo83
2	Isabel Jaramillo	isabel1jaramillo80

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 20. Recorridos ejecutados por aforador.

RECORRIDO EN MOTOS				
AFORADOR	FECHAS		RECORRIDO	HORARIO
	DIA1	DIA2		
AFORADOR 2	24 de abril de 2018	25 de abril de 2018	RUTA1	AM
AFORADOR 1	19 de abril de 2018	24 de abril de 2018	RUTA2	AM
AFORADOR 1	17 de abril de 2018	18 de abril de 2018	RUTA3	AM

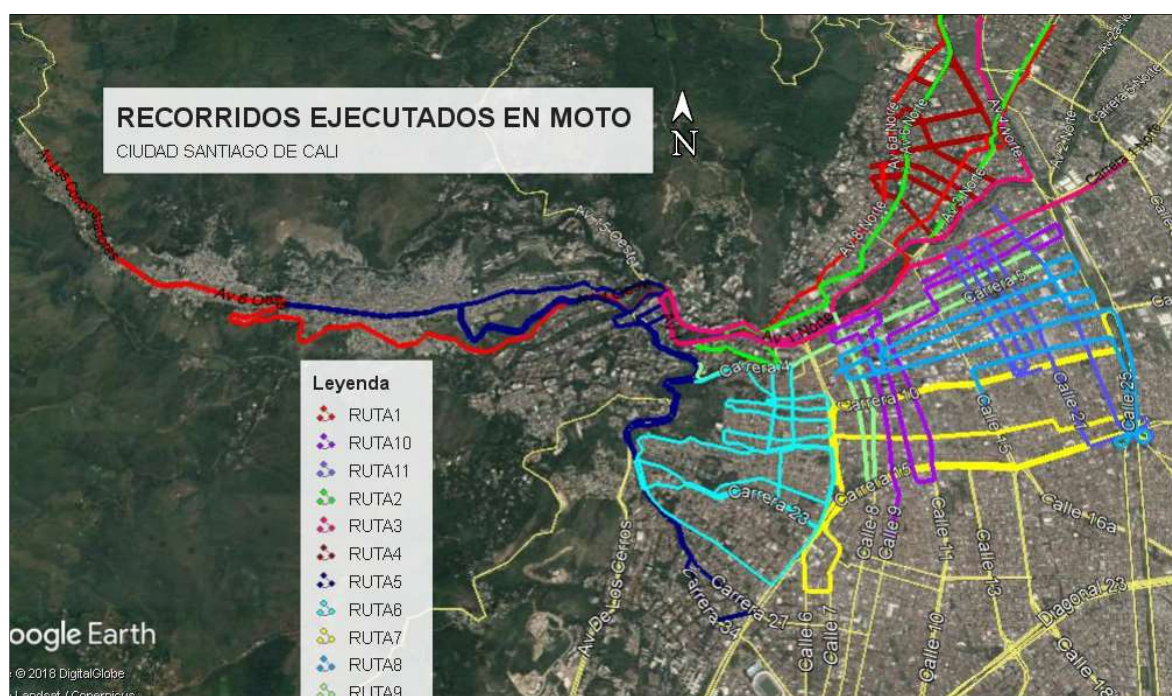
**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

AFORADOR 1	18 de abril de 2018	19 de abril de 2018	RUTA4	AM
AFORADOR 2	18 de abril de 2018	19 de abril de 2018	RUTA5	AM
AFORADOR 1	16 de mayo de 2018	17 de mayo de 2018	RUTA6	AM
AFORADOR 1	17 de mayo de 2018	22 de mayo de 2018	RUTA7	AM
AFORADOR 2	26 de abril de 2018	3 de mayo de 2018	RUTA8	AM
AFORADOR 1	25 de abril de 2018	26 de abril de 2018	RUTA9	AM
AFORADOR 1	24 de abril de 2018	25 de abril de 2018	RUTA10	AM
AFORADOR 2	26 de abril de 2018	3 de mayo de 2018	RUTA11	AM

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la siguiente imagen se presentan la totalidad de los recorridos ejecutados en la hora pico de mañana:

Figura 50. Recorridos ejecutados en moto.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El cálculo de velocidades y tiempos se realizó a través de una rutina de programación en el lenguaje de programación PYTHON con la que se determinaron tiempos entre las intersecciones para los recorridos realizados.

7.4.1 Descripción rutinas en Python

Dentro del Análisis de Velocidades de la Zona Centro – Oeste en la Ciudad de Cali, se necesitan realizar varias tareas repetitivas, por lo que se consideró necesario realizar rutinas o pequeños aplicativos para realizar estos procedimientos. De entre todos los lenguajes de programación existentes, se escogió Python en su versión 2.7 como el adecuado, debido que, adicional a ser un lenguaje de programación muy potente, es el lenguaje y versión que se utilizan en ArcGIS para realizar procedimientos automáticos. En general, se desarrollaron 4 rutinas en Python, las cuales tienen como objetivo principal calcular los tiempos de recorrido por cada tramo - arco de cada una de las rutas definidas.

Es importante destacar que la rutina está preparada para trabajar con varios modos de transporte, por lo que los archivos GPX se estructuraron en su nombre con la siguiente sintaxis:

[MODO] RUTA [NOMBRE RUTA] [FECHA] [IDA – VUELTA] [DIA DE TOMA].gpx

[MODO]: Representa el nombre del modo de transporte que se usó para la toma con el dispositivo GPS. Ejemplo: MOTO.

[NOMBRE RUTA]: Representa el nombre del recorrido o ruta que se le asigna a la toma con el dispositivo GPS. Ejemplo: 01.

[FECHA]: Representa la fecha escrita de forma alfanumérica del día de la toma de información. Esto se hizo con efectos de organización – depuración de la información levantada en campo con el dispositivo GPS. Ejemplo: 25MAY.

[IDA – VUELTA] (Opcional): Si la ruta es IDA y VUELTA, en esta parte se especifica el tipo de recorrido en este sentido.

[DIA DE TOMA]: Se especifica si el recorrido corresponde al primer día (DIA 1) o al segundo día (DIA 2). En el presente estudio, se utilizaron dos días de toma por recorrido.

Siendo, así las cosas, este es un ejemplo de nombre de archivo GPX:

MOTO RUTA 01 24ABR IDA DIA 1.gpx

Es importante destacar el no uso de caracteres especiales no alfanuméricos como tilde, guiones en la creación del nombre, para evitar contratiempos con el lenguaje de programación.

El funcionamiento de las rutinas se describe a continuación:

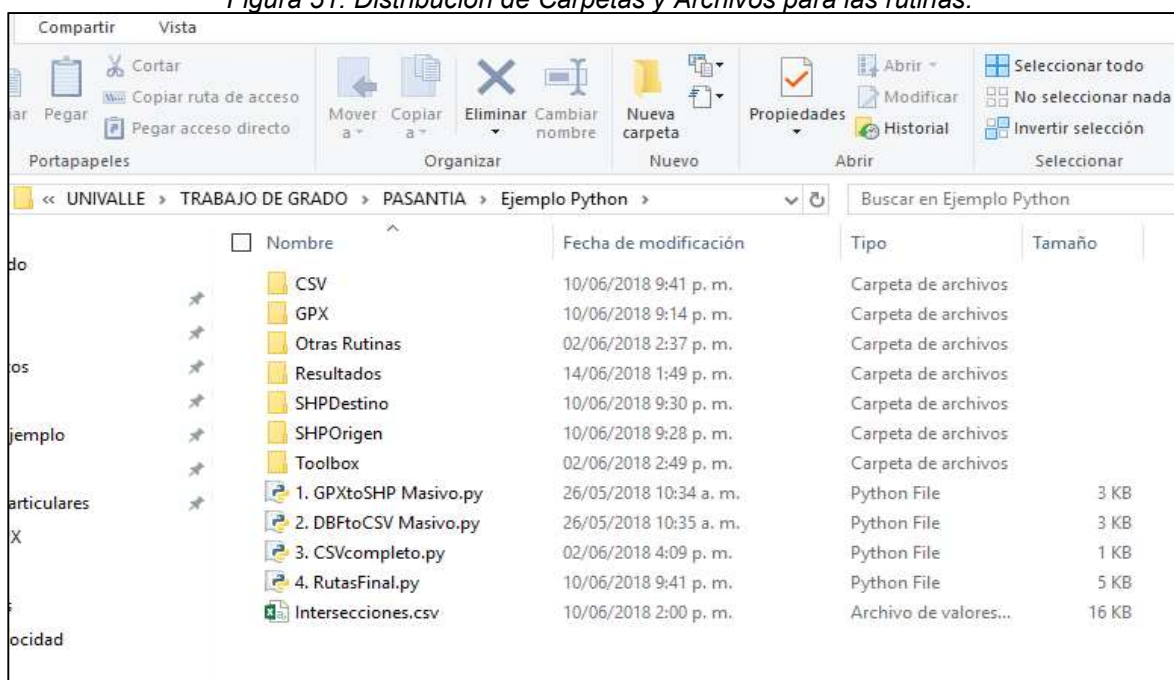
7.4.1.1 Primera: Conversión Masiva de archivos GPX a SHP - GPXtoSHP Masivo.py

Inicialmente, para convertir los archivos GPX a SHP, se necesita el Toolbox “**GPX to Features Tool**”, el cual se descargó de la siguiente página web:

<https://acolita.com/convertir-archivos-gpx-shp-en-arcgis/>

A continuación, se muestra la distribución de carpetas y archivos para la ejecución de las rutinas.

Figura 51. Distribución de Carpetas y Archivos para las rutinas.



Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
CSV	10/06/2018 9:41 p. m.	Carpeta de archivos	
GPX	10/06/2018 9:14 p. m.	Carpeta de archivos	
Otras Rutinas	02/06/2018 2:37 p. m.	Carpeta de archivos	
Resultados	14/06/2018 1:49 p. m.	Carpeta de archivos	
SHPDestino	10/06/2018 9:30 p. m.	Carpeta de archivos	
SHPOrigen	10/06/2018 9:28 p. m.	Carpeta de archivos	
Toolbox	02/06/2018 2:49 p. m.	Carpeta de archivos	
1. GPXtoSHP Masivo.py	26/05/2018 10:34 a. m.	Python File	3 KB
2. DBFtoCSV Masivo.py	26/05/2018 10:35 a. m.	Python File	3 KB
3. CSVcompleto.py	02/06/2018 4:09 p. m.	Python File	1 KB
4. RutasFinal.py	10/06/2018 9:41 p. m.	Python File	5 KB
Intersecciones.csv	10/06/2018 2:00 p. m.	Archivo de valores...	16 KB

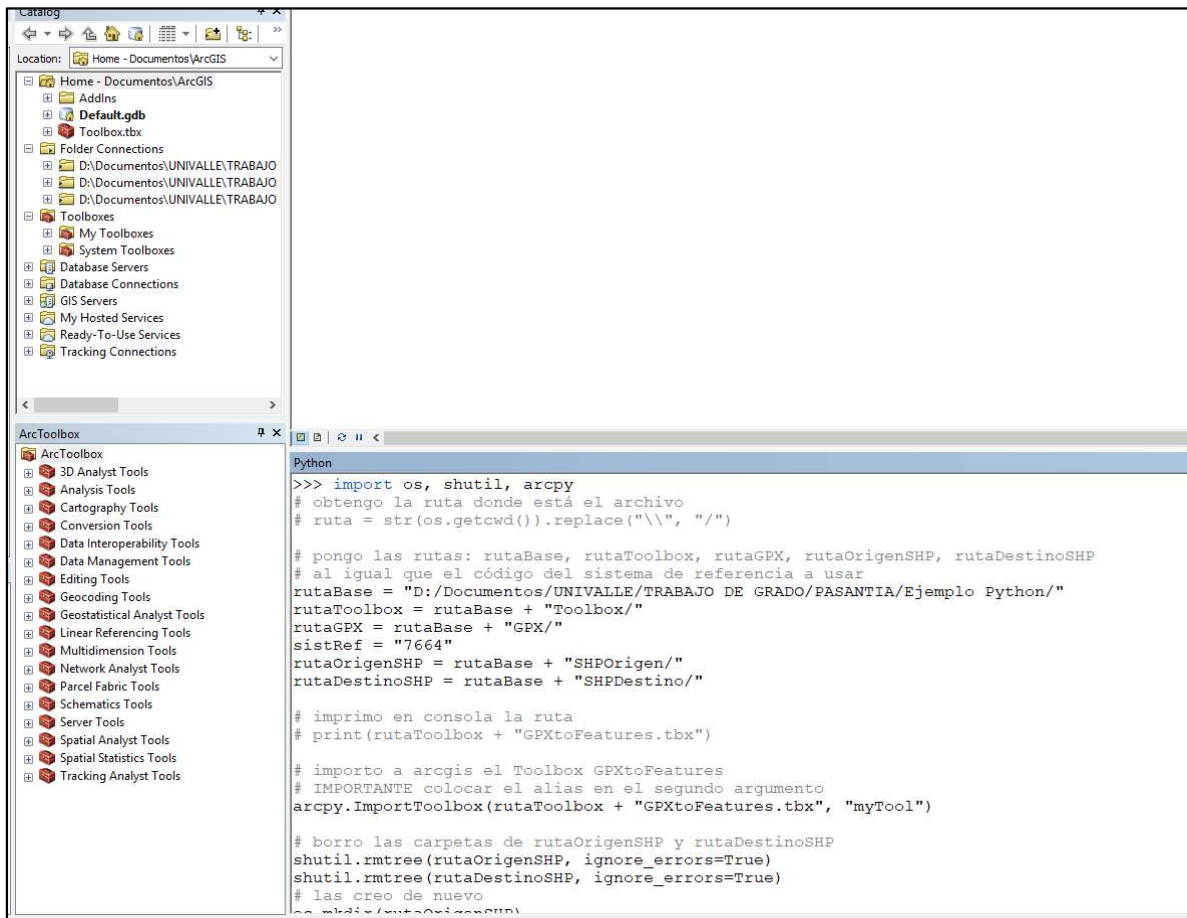
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Dentro de la rutina, al tener el Toolbox descargado, se instala en Arcgis para realizar posteriormente la conversión de los sistemas de referencia: De coordenadas geográficas a coordenadas planas.

Esta primera rutina se ejecutó dentro del IDE de ArcGis, para no tener inconvenientes con compatibilidad con algún componente de la librería **arcpy**.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Figura 52. IDE Python dentro de ArcGis 10.5



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Inicio de la rutina:

```
import os, shutil, arcpy
```

La rutina utilizada importa 3 librerías: **os**, **shutil** y **arcpy**. Las primeras dos librerías se importan para trabajo con creación y eliminación de carpetas, y la tercera librería se utiliza para conectarse con las herramientas Python de ArcGis.

```
rutaBase = "D:/ Documentos / UNIVALLE / TRABAJO DE GRADO / PASANTIA /  
Ejemplo Python /"  
rutaToolbox = rutaBase + "Toolbox/"  
rutaGPX = rutaBase + "GPX/"  
sistRef = "7664"  
rutaOrigenSHP = rutaBase + "SHPOrigen/"  
rutaDestinoSHP = rutaBase + "SHPDestino/"
```

En este apartado, se colocan las rutas que se usaron en el programa, donde se encuentran: **La ruta Base** (que alberga las demás rutas), **la ruta donde se encuentra el Toolbox** (el nombre del toolbox es GPXtoFeatures.tbx), **la ruta donde se albergan los GPX, y las rutas origen y destino de los Shapes**. La rutaOrigenSHP, es donde se colocan los Shapes convertidos en coordenadas geográficas, mientras que la rutaDestinoSHP es donde se colocan los Shapes convertidos al sistema de referencia SR-ORG:7664, el cual corresponde a Magna_Cali_Valle_del_Cauca_2009.

(Fuente:

<http://spatialreference.org/ref/?search=magna+cali+Valle+del+Cauca+2009>)

```
arcpy.ImportToolbox(rutaToolbox + "GPXtoFeatures.tbx", "myTool")
```

con esta línea, se importa el Toolbox al ArcGis, colocando como alias "myTool"

```
shutil.rmtree(rutaOrigenSHP, ignore_errors=True)
shutil.rmtree(rutaDestinoSHP, ignore_errors=True)
os.mkdir(rutaOrigenSHP)
os.mkdir(rutaDestinoSHP)
```

A continuación, estas líneas permiten borrar y volver a crear las rutas de origen y destino de los Shapes, para evitar la sobrescritura de archivos existentes.

```
archivosGPX = os.listdir(rutaGPX)
```

Luego, enlisto todos los archivos GPX en una variable, para poder recorrer uno a uno los archivos y hacer la conversión masiva.

```
for archivo in archivosGPX:
```

```
    arcpy.GPXtoFeatures_myTool(Input_GPX_File = rutaGPX + archivo,
    Output_Feature_class = rutaOrigenSHP + archivo[:-4] + ".shp")
    arcpy.Project_management(in_dataset = rutaOrigenSHP + archivo[:-4] +
    ".shp", out_dataset = rutaDestinoSHP + archivo[:-4] + "_" + sistRef + ".shp",
    out_coor_system =
    "PROJCS['MAGNA_Cali_Valle_del_Cauca_2009',GEOGCS['GCS_MAGNA',DATU
    M['D_MAGNA',SPHEROID['GRS_1980',6378137.0,298.257222101]],PRIMEM['Gre
    enwich',0.0],UNIT['Degree',0.0174532925199433]],PROJECTION['IGAC_Plano_C
    artesiano'],PARAMETER['False_Easting',1061900.18],PARAMETER['False_Northi
    ng',872364.63],PARAMETER['Longitude_Of_Center',-
    76.5205625],PARAMETER['Latitude_Of_Center',3.4418833333333334],PARAMET
    ER['Height',1000.0],UNIT['Meter',1.0]]",
    transform_method="MAGNA_To_WGS_1984_1",
    in_coor_system="GEOGCS['GCS_WGS_1984',DATUM['D_WGS_1984',SP
```

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

```
HEROID['WGS_1984',6378137.0,298.257223563]],PRIMEM['Greenwich',0.0],UNIT
['Degree',0.0174532925199433]]",
    preserve_shape="NO_PRESERVE_SHAPE",
    max_deviation="", vertical="NO_VERTICAL")
```

Siguiendo con la rutina, lo que se realiza para cada archivo es transformarlo a formato SHP (Shape), guardándolos en la rutaOrigenSHP previamente definida, y luego se realiza la conversión al sistema de referencia SR_ORG:7664, colocando los parámetros correspondientes al mismo dentro de la rutina. El resultado proyectado se guarda en la rutaDestinoSHP, también definida previamente.

```
arcpy.AddField_management(archivo[:-4] + "_" + sistRef, "Este", "DOUBLE")
arcpy.CalculateField_management(archivo[:-4] + "_" + sistRef, "Este",
"!SHAPE.FIRSTPOINT.X!", "PYTHON_9.3")
arcpy.AddField_management(archivo[:-4] + "_" + sistRef, "Norte",
"DOUBLE")
arcpy.CalculateField_management(archivo[:-4] + "_" + sistRef, "Norte",
"!SHAPE.FIRSTPOINT.Y!", "PYTHON_9.3")
```

Finalmente, con estas líneas se calculan 2 nuevos campos, los cuales corresponden a las coordenadas Este y Norte de cada punto.

Figura 53. Tabla de Atributos de uno de los Shapes generados por la rutina.

FID	Shape	Id	Name	Descript	Type	Date Time	Elevation	Este	Norte
0	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:44Z	98500	1061333,1232	876471,014165
1	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:45Z	98500	1061330,78941	876471,677752
2	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:46Z	98500	1061327,34429	876471,898962
3	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:47Z	98400	1061327,34429	876472,230749
4	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:48Z	98460	1061326,67749	876472,120157
5	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:49Z	98440	1061326,78862	876472,120156
6	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:50Z	98440	1061327,23315	876472,120154
7	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:50.99Z	98440	1061323,23233	876466,81158
8	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:51.99Z	98460	1061318,34246	876464,378501
9	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:52.99Z	98460	1061315,34184	876459,512305
10	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:53.99Z	98440	1061311,341	876451,438839
11	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:54.99Z	98420	1061308,34036	876442,922984
12	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:55.99Z	98400	1061304,56179	876435,623687
13	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:56.99Z	98420	1061301,45001	876427,550216
14	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:57.99Z	98480	1061299,67183	876418,923759
15	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:58.99Z	98540	1061294,44854	876413,172811
16	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:59.99Z	98540	1061291,00336	876403,993385
17	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:00.99Z	98520	1061286,33571	876394,371583
18	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:01.99Z	98460	1061284,00186	876385,523938
19	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:02.99Z	98400	1061279,66761	876376,786901
20	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:03.99Z	98340	1061274,1109	876368,824041
21	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:04.99Z	98300	1061269,22099	876361,30356
22	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:05.99Z	98280	1061264,88674	876352,013545
23	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:06.99Z	98260	1061261,55289	876343,165906
24	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:07.99Z	98220	1061258,99657	876334,207667
25	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:08.99Z	98200	1061255,77366	876326,134199
26	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:09.99Z	98180	1061251,7728	876317,618352
27	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:10.99Z	98160	1061248,21648	876307,775353

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.4.1.2 Segunda: Conversión Masiva de Archivos DBF a CSV - DBFtoCSV Masivo.py

Cada Shape generado por la rutina anterior, consta de varios archivos (8 en total por Shape), dentro de los cuales se encuentra el archivo DBF, que tiene en su interior la Tabla de Atributos.

Figura 54. Archivos generados por cada Shape.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

La esencia de la rutina es poder convertir de forma masiva los archivos DBF a CSV, debido a que es mucho más fácil trabajar con archivos delimitados por comas para posterior manipulación de estos.

Inicio de la rutina:

```
import os, csv, shutil, arcpy
```

La rutina utilizada importa 4 librerías: **os**, **csv**, **shutil** y **arcpy**. La librería **csv** permite trabajar cómodamente con archivos delimitados por comas de extensión .csv, las dos librerías **os** y **shutil** se importan para trabajo con creación y eliminación de carpetas, y la librería **arcpy** se utiliza para conectarse con las herramientas Python de ArcGis.

```
def dbf2csv(dbfpath, csvpath):  
    rows = arcpy.SearchCursor(dbfpath)  
    csvFile = csv.writer(open(csvpath, 'wb'))  
    fieldnames = [f.name for f in arcpy.ListFields(dbfpath)]  
  
    allRows = []  
    for row in rows:
```

```
rowlist = []
for field in fieldnames:
    rowlist.append(row.getValue(field))
allRows.append(rowlist)

csvFile.writerow(fieldnames)
for row in allRows:
    row[3] = row[3].encode('utf8')
    csvFile.writerow(row)
row = None
rows = None
```

Con estas líneas, se crea una función que recibe dos parámetros: **dbfpath**, que corresponde a la ruta donde se encuentran los archivos de extensión .dbf, y **csvpath**, que corresponde a la ruta donde se pondrán los archivos CSV resultantes. Esta función lo que permite es leer cada archivo .dbf línea por línea, para luego traspasar la información a un archivo .csv

```
ruta = "D:/Documentos/UNIVALLE/TRABAJO DE GRADO/PASANTIA/Ejemplo  
Python/"
dbf_dir = ruta + "SHPDestino/"
csv_dir = ruta + "CSV/"
```

Seguido a esto, se definen las variables donde estarán las rutas. La ruta base en la variable **ruta**, la ruta donde están los archivos de extensión .dbf, que en este caso es SHPDestino, y la ruta donde serán alojados los archivos .csv

```
shutil.rmtree(csv_dir, ignore_errors=True)
os.mkdir(csv_dir)
```

A continuación, se borra la carpeta donde serán alojados los archivos .csv, y se vuelve a crear. Esto se realiza para evitar la sobreescritura de archivos existentes.

```
for dbf_file in os.listdir(dbf_dir):
    # Recorro todos los archivos DBF en la carpeta
    # Y exporto a DBF
    fileName, fileExt = os.path.splitext(dbf_file) # [0] or [1] for file
    if '.dbf' in fileExt:
        # Construyo la ruta completa del archivo DBF y del archivo CSV
        dbfpath = dbf_dir + fileName + fileExt
        csvpath = csv_dir + fileName + '.csv'
        if os.path.exists(dbfpath):
            # this may not be necessary
            # print 'processing: ', dbfpath, csvpath
```

```
if not os.path.exists(csvpath):
    ## Para prevenir sobreescritura del archivo CSV existente
    ## llamo la función para convertir el archivo DBF a CSV
    print 'Export nexrad {0} to {1}'.format(dbfpath, csvpath)
    dbf2csv(dbfpath, csvpath)
```

Finalmente, con estas líneas se recorren cada uno de los archivos .dbf listados en la carpeta SHPDestino, y se construyen los nombres finales de los archivos .csv alojados en la carpeta CSV previamente definida.

Figura 55. Archivos CSV Generados por la rutina

MOTO RUTA 01 24ABR IDA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	226 KB
MOTO RUTA 01 24ABR VUELTA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	250 KB
MOTO RUTA 01 25ABR IDA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	226 KB
MOTO RUTA 01 25ABR VUELTA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	286 KB
MOTO RUTA 02 19ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	147 KB
MOTO RUTA 02 24ABR COMPLETA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	196 KB
MOTO RUTA 03 17ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	122 KB
MOTO RUTA 03 18ABR COMPLETA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	121 KB
MOTO RUTA 04 18ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	212 KB
MOTO RUTA 04 19ABR COMPLETA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	202 KB
MOTO RUTA 05 18ABR IDA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	72 KB
MOTO RUTA 05 18ABR VUELTA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	273 KB
MOTO RUTA 05 19ABR IDA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	73 KB
MOTO RUTA 05 19ABR VUELTA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	301 KB
MOTO RUTA 06 16MAY COMPLETA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	380 KB
MOTO RUTA 06 17MAY COMPLETA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	367 KB
MOTO RUTA 07 17MAY COMPLETA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	390 KB
MOTO RUTA 07 22MAY COMPLETA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	337 KB
MOTO RUTA 08 03MAY COMPLETA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	300 KB
MOTO RUTA 08 26ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	294 KB
MOTO RUTA 09 25ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	251 KB
MOTO RUTA 09 26ABR COMPLETA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	179 KB
MOTO RUTA 10 24ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	251 KB
MOTO RUTA 10 25ABR COMPLETA DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	201 KB
MOTO RUTA 11 03MAY DIA 2_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	227 KB
MOTO RUTA 11 26ABR DIA 1_7664.csv	24/05/2018 7:41 p.	Archivo de valores...	217 KB

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.4.1.3 Tercera: Armado de archivo CSV completo - CSVCompleto.py

Los archivos .csv vienen con información que, para efectos del cálculo de tiempos para cada arco, no es relevante. La idea es armar dos archivos CSV (un único por cada día de toma) unificados con los campos necesarios para el cálculo de este tiempo por cada tramo, los cuales son: Fecha Hora del tiempo de toma de cada

punto, las coordenadas Este – Norte de cada punto, y el nombre de la ruta (recorrido) al cual pertenece dicho punto.

Inicio de la rutina:

```
import os, pandas as pd
```

Se importan dos librerías: la librería **os** que sirve para el manejo de carpetas dentro del sistema, y la librería **pandas**, que permite ampliamente la manipulación de archivos planos de forma masiva, como es el caso de los archivos .csv.

```
rutaBase = "D:/Documentos/UNIVALLE/TRABAJO DE  
GRADO/PASANTIA/Ejemplo Python/"  
rutaCSV = rutaBase + "CSV/"
```

Con estas líneas se definen las variables correspondientes a las rutas de trabajo. **rutaBase** donde se coloca la ruta base de la distribución de carpetas y archivos, y la **rutaCSV** que contiene la ruta de los archivos .csv generados por la rutina anterior.

```
dfDiauno = pd.DataFrame(columns = ["Date_Time", "Este", "Norte", "Recorrido"])  
dfDiados = dfDiauno
```

A continuación, se crean dos dataframes con las cuatro (4) columnas antes mencionadas, ambos iguales. Los dataframes son tipos de archivos que se crean con ayuda de la librería pandas que permiten alojar archivos CSV. Son estructuras de datos similares a las tablas de bases de datos relacionales como SQL, lo cual lo dota de facilidad de manipulación entre columnas.

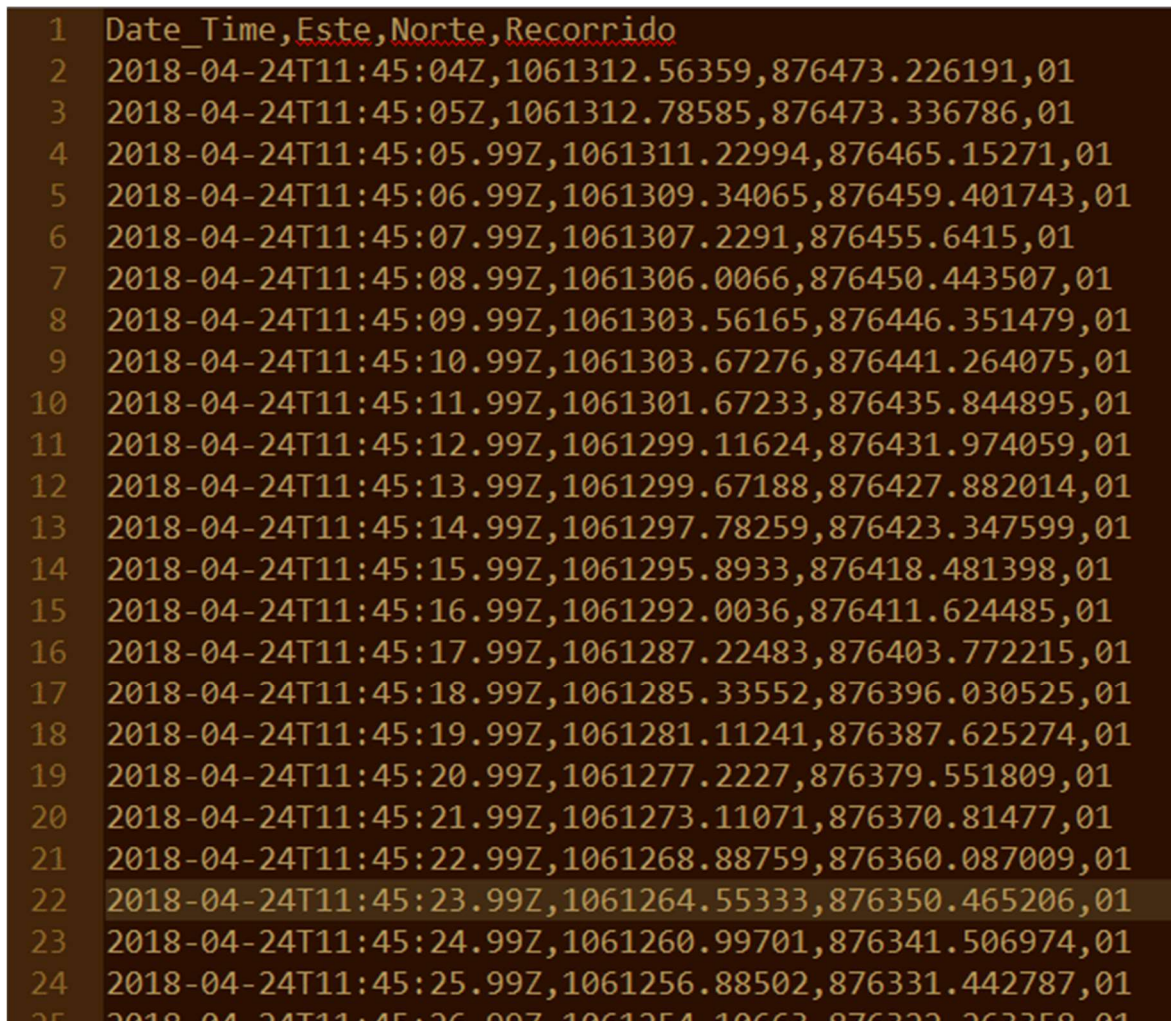
```
for archCSV in os.listdir(rutaCSV):  
    modo = archCSV[archCSV.find(" ")]  
    csvOrigen = pd.read_csv(rutaCSV + archCSV)  
    df = pd.DataFrame(csvOrigen, columns = ["Date_Time", "Este", "Norte"])  
    df["Recorrido"] = archCSV.split(" ")[2]  
    pos = archCSV.find("_") - 1  
    if (archCSV[pos:pos + 1] == "1"):  
        dfDiauno = pd.concat([dfDiauno, df])  
    elif (archCSV[pos:pos + 1] == "2"):  
        dfDiados = pd.concat([dfDiados, df])
```


Seguido a esto, las siguientes líneas recorren cada archivo CSV, extrayendo la información de las coordenadas Este – Norte, Fecha y hora, además del nombre del recorrido asociado.

```
dfDiauno.to_csv(rutaBase + modo + " DIA 1.csv", index = False)  
dfDiados.to_csv(rutaBase + modo + " DIA 2.csv", index = False)
```

Finalmente, se convierten estos dataframes a archivos CSV, para poderlos manipular y visualizar posteriormente.

Figura 56. Archivo CSV generado por día de toma.



1	Date_Time, Este, Norte, Recorrido
2	2018-04-24T11:45:04Z,1061312.56359,876473.226191,01
3	2018-04-24T11:45:05Z,1061312.78585,876473.336786,01
4	2018-04-24T11:45:05.99Z,1061311.22994,876465.15271,01
5	2018-04-24T11:45:06.99Z,1061309.34065,876459.401743,01
6	2018-04-24T11:45:07.99Z,1061307.2291,876455.6415,01
7	2018-04-24T11:45:08.99Z,1061306.0066,876450.443507,01
8	2018-04-24T11:45:09.99Z,1061303.56165,876446.351479,01
9	2018-04-24T11:45:10.99Z,1061303.67276,876441.264075,01
10	2018-04-24T11:45:11.99Z,1061301.67233,876435.844895,01
11	2018-04-24T11:45:12.99Z,1061299.11624,876431.974059,01
12	2018-04-24T11:45:13.99Z,1061299.67188,876427.882014,01
13	2018-04-24T11:45:14.99Z,1061297.78259,876423.347599,01
14	2018-04-24T11:45:15.99Z,1061295.8933,876418.481398,01
15	2018-04-24T11:45:16.99Z,1061292.0036,876411.624485,01
16	2018-04-24T11:45:17.99Z,1061287.22483,876403.772215,01
17	2018-04-24T11:45:18.99Z,1061285.33552,876396.030525,01
18	2018-04-24T11:45:19.99Z,1061281.11241,876387.625274,01
19	2018-04-24T11:45:20.99Z,1061277.2227,876379.551809,01
20	2018-04-24T11:45:21.99Z,1061273.11071,876370.81477,01
21	2018-04-24T11:45:22.99Z,1061268.88759,876360.087009,01
22	2018-04-24T11:45:23.99Z,1061264.55333,876350.465206,01
23	2018-04-24T11:45:24.99Z,1061260.99701,876341.506974,01
24	2018-04-24T11:45:25.99Z,1061256.88502,876331.442787,01
25	2018-04-24T11:45:26.99Z,1061254.10662,876322.262258,01

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.4.1.4 Cuarta: Generación de los tiempos en minutos por rutas – *RutasFinal.py*

Para esta rutina, necesitamos como insumo los archivos de cada día de toma en .csv, y un archivo .csv de intersecciones, el cual sale del shape de puntos que

representan las intersecciones de la red vial. El archivo en la distribución de carpetas y archivos base se denomina intersecciones.csv. Este contiene los nombres del punto representados por direcciones viales, y las coordenadas Este – Norte de cada intersección.

Figura 57. Archivo de Intersecciones.csv

1	ID,Nombre,Este,Norte
2	0,CALLE 44 - CARRERA 8,1063600.4358000000,873626.1934000000
3	1,CALLE 13 - CARRERA 15,1060998.7596000000,872455.3258000000
4	2,CALLE 25 - CARRERA 1,1061837.2027000000,874439.6291000000
5	3,CALLE 25 - CARRERA 8,1062066.3624000000,873577.9001000000
6	4,CALLE 44 N - AVENIDA 6,1061429.6914000000,876738.9714000000
7	5,CALLE 15 N - AVENIDA 3,1060706.3620000000,874065.7383000000
8	6,AVENIDA 4 - AVENIDA 1,1059677.3411000000,873415.9231000000
9	7,AVENIDA 2 - AVENIDA 3,1060924.5548000000,874149.2976000000
10	8,CALLE 15 - CARRERA 8,1061050.5604600000,873274.7842930000
11	9,CALLE 15 - CARRERA 15,1061300.2749000000,872441.8036000000
12	10,CALLE 5 - CARRERA 15,1060149.7579000000,872208.7689000000
13	11,CALLE 9 - CARRERA 15,1060499.1404000000,872379.9050000000
14	12,CALLE 5 - CARRERA 50,1058820.0558000000,869456.8157000000
15	13,CALLE 25 - CARRERA 5,1061931.6649000000,874030.7873000000
16	14,CALLE 15 - CARRERA 5,1060925.6375200000,873582.2561230000
17	15,CALLE 34 - CARRERA 5,1062705.3813000000,874241.2982000000
18	16,CALLE 13 - CARRERA 10,1060860.8974000000,873010.8139000000
19	17,CALLE 25 - CARRERA 10,1062126.2389000000,873296.3409000000
20	18,CALLE 15 - CARRERA 10,1061133.0128000000,873033.7279000000
21	19,CALLE 5 - CARRERA 10,1060143.6166000000,872867.6123000000

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Inicio de la rutina:

```
import csv, numpy as np, pandas as pd
from scipy.ndimage import label
```

Inicialmente, se importan las librerías:

csv: para el trabajo con archivos csv.

numpy: para el trabajo eficiente con matrices.

pandas: para el trabajo con dataframes y archivos csv.

label: para la identificación de patrones, útil a la hora de la identificación de los tiempos para cada intersección.

```
rutaBase = "D:/Documentos/UNIVALLE/TRABAJO DE GRADO/PASANTIA/Ejemplo Python/"  
nomint = "Intersecciones.csv"  
nomrut = "MOTO DIA 1.csv"
```

Se establece la ruta inicial y los nombres de los archivos base: El nombre del archivo intersecciones en la variable **nomint** y el nombre de la ruta a analizar en la variable **nomrut**.

```
# Abro el archivo de Intersecciones  
arch_int = open(rutaBase + nomint, "r")  
# Grabo el archivo como una lista manipulable  
lista_int = arch_int.readlines()  
# Cierro el archivo  
arch_int.close()
```

Se abre el archivo de intersecciones correspondiente, y se graba en una variable que permita manipularlo internamente.

```
# Inicializo la matriz que contendrá las Intersecciones  
n_int = len(lista_int) - 1 # Cantidad de Intersecciones  
matBase_int = [[0 for col in range(4)] for fil in range(n_int)] # Nombre, Este, Norte, Buffer
```

```
# Asigno a la matriz Intersecciones el Nombre, y sus coordenadas Este - Norte  
for i in range(n_int):  
    a = lista_int[i + 1].split(",")  
    matBase_int[i][0] = str(a[1]) # Nombre  
    matBase_int[i][1] = float(a[2]) # Este  
    matBase_int[i][2] = float(a[3]) # Norte
```

```
# Calculo la distancia más corta entre Intersecciones, y le asigno la mitad  
for i in range(n_int):  
    dist = 9999999.0  
    for j in range(n_int):  
        if (i != j):  
            a = ((matBase_int[i][1] - matBase_int[j][1])**2 + (matBase_int[i][2] -  
matBase_int[j][2])**2)**0.5  
            if (a < dist):  
                dist = a  
            matBase_int[i][3] = dist / 2
```

Luego, se crea una variable denominada **matBase_int**, el cual contendrá 4 columnas. Las tres primeras serán Nombre, Este y Norte del punto. La cuarta columna contendrá la distancia más corta entre intersecciones, para asignarlo como

una especie de buffer alrededor de la intersección, y se sepa así cuándo el recorrido pasa por un nodo determinado.

```
# Abro el archivo de Ruta
arch_ruta = open(rutaBase + nomrut, "r")
# Grabo el archivo como una lista manipulable
lista_ruta = arch_ruta.readlines()
# Cierro el archivo
arch_ruta.close()
```

De igual forma, se trabaja con el archivo de rutas, asignándolo a una variable que permita manipular el archivo internamente.

```
# Inicializo las Variables del archivo de Ruta
n_ruta = len(lista_ruta) - 1 # Cantidad de Puntos de Ruta
matBase_ruta = [[0 for col in range(4)] for fil in range(n_ruta)] # Recorrido,
TiempoMinutos, Este, Norte

# Asigno a la matriz de Ruta el Número de Recorrido, TiempoMinutos, y
Coordenadas Este - Norte
for i in range(n_ruta):
    a = lista_ruta[i + 1].split(",")
    matBase_ruta[i][0] = str(a[3].replace("\n","")) # Recorrido
    p = a[0].find("T")
    q = a[0].find("Z")
    matBase_ruta[i][1] = float(a[0][p + 1:p + 3])*60 + float(a[0][p + 4:p + 6]) +
float(a[0][p + 7:p + 9])/60 # TiempoMinutos
    matBase_ruta[i][2] = float(a[1]) # Este
    matBase_ruta[i][3] = float(a[2]) # Norte
```

A continuación, se crea una matriz base de la ruta (matBase_ruta), la cual contendrá 4 columnas: Recorrido, TiempoMinutos, Este y Norte. Al recorrer el archivo, se calcula el tiempo en minutos de cada recorrido de acuerdo con la hora de toma del punto por el dispositivo GPS.

```
a = np.array(matBase_ruta)
r = sorted(list(set(a[:,0])))
cantRec = len(r)
```

Tomando como base la primera columna de la matriz base, se calcula en estas líneas la cantidad de recorridos que se realizaron, contando los registros únicos de esta columna. La Variable r tendrá, de forma ordenada, los recorridos tomados.


```
# creo DataFrame en Pandas con la matriz de rutas
tit_ruta = ["Recorrido", "TiempoMinutos", "Este", "Norte"]
dfBase_ruta = pd.DataFrame.from_records(matBase_ruta, columns = tit_ruta)

# creo DataFrame en Pandas, para colocar los resultados
tit_res = ["Recorrido", "Tramo", "TiempoMin"]
dfres = pd.DataFrame(columns = tit_res)
```

Se crean dos dataframes para manipulación interna de datos: uno para la ruta, y otro para colocar los resultados.

```
# iteración para recorrer el archivo
for i in r:
    # creo un DataFrame con cada Recorrido
    dfRec = dfBase_ruta[dfBase_ruta["Recorrido"] == i]
    # ordeno el DataFrame con base en el Tiempo en Minutos
    dfRec = dfRec.sort_values(by = ["TiempoMinutos"], ascending = [True])
    # Grabo el DataFrame como una matriz en una variable auxiliar
    a = dfRec.as_matrix()
    ti = []
    inter = []
```

Se recorre el archivo de rutas, haciendo que coincida con cada recorrido. Por cada recorrido, se ordena el archivo con base en el tiempo en minutos, para asegurarnos que el orden de los puntos sea cronológico. Es decir, ordenado de menor a mayor tiempo, de acuerdo con los datos obtenidos desde el GPS.

```
# iteración para recorrer las intersecciones
for j in range(n_int):
    D_rutaint = ((a[:,2] - matBase_int[j][1])**2 + (a[:,3] -
matBase_int[j][2])**2)**0.5
    esquina = 1 * (D_rutaint < matBase_int[j][3])
    esquina1 = esquina[1:] - esquina[:-1]
    labesquina, nmax = label(esquina)

    for k in range(1, nmax + 1):
        D_esq = np.empty(shape = len(esquina))
        s = np.where(labesquina == k)[0]
        D_esq[s] = D_rutaint[s]
        esq = np.where(D_esq == min(D_esq[s]))[0]
        ti.append(a[esq, 1][0])
        inter.append(j)

datos = np.array(list(zip(ti, inter)))
```

```

if (len(datos) != 0):
    datos = datos[datos[:,0].argsort()]
tramos = len(datos)
matRes = [[0 for col in range(3)] for fil in range(tramos - 1)]
for j in range(1, tramos):
    matRes[j - 1][0] = i # Recorrido
    a = int(datos[j - 1, 1])
    b = int(datos[j, 1])
    matRes[j - 1][1] = matBase_int[a][0] + " con " + matBase_int[b][0]
# Nombre Tramo
    matRes[j - 1][2] = datos[j, 0] - datos[j - 1, 0] # TiempoMin

```

Con estas líneas, se le asigna el tiempo en minutos al nodo más cercano al recorrido realizado con el dispositivo GPS. Así se hace en cada nodo, para luego, restar ambos tiempos y hallar el tiempo de recorrido por tramo. Adicionalmente, se arma el nombre del tramo con cada intersección, separado con la palabra “con”. Como el archivo está ordenado con base en los tiempos, el nombre se asignará de acuerdo con el sentido de la vía.

```

dfaux = pd.DataFrame.from_records(matRes, columns = tit_res)
dfres = dfres.append(dfaux)

```

```

# Exporto el dataframe Resultado a un archivo CSV
dfres.to_csv(rutaBase + nomrut[:-4] + "_Resultado.csv", index = False)

```

Los resultados quedan en la variable **dfres**, y, finalmente, se exporta el resultado en un archivo .csv, el cual viene siendo el resultado final de la rutina en cuestión.

Figura 58. Resultado en archivo CSV por día, con los tiempos por tramo

1	Recorrido,Tramo,TiempoMin
2	01,CALLE 38 N - AVENIDA 6 con CALLE 37 N - AVENIDA 6,0.6
3	01,CALLE 37 N - AVENIDA 6 con CALLE 29 N - AVENIDA 6A N,0.683333333333
4	01,CALLE 29 N - AVENIDA 6A N con CALLE 25 N - AVENIDA 6A N,0.666666666667
5	01,CALLE 25 N - AVENIDA 6A N con CALLE 24 N - AVENIDA 6A N,0.35
6	01,CALLE 24 N - AVENIDA 6A N con CALLE 23D N - AVENIDA 6A N,0.583333333333
7	01,CALLE 23D N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 6A N,0.216666666667
8	01,CALLE 22 N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 8,0.25
9	01,CALLE 22 N - AVENIDA 8 con CALLE 21 N - AVENIDA 8,0.283333333333
10	01,CALLE 21 N - AVENIDA 8 con CALLE 18 N - AVENIDA 9,0.166666666667
11	01,CALLE 18 N - AVENIDA 9 con CALLE 8 N - AVENIDA 4,2.316666666667
12	01,CALLE 8 N - AVENIDA 4 con AVENIDA 4 - AVENIDA 1,0.983333333333
13	01,AVENIDA 4 - AVENIDA 1 con CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe,0.466666666667
14	01,CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1B - CARRERA 1,0.666666666667
15	01,CARRERA 1B - CARRERA 1 con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe,0.183333333333
16	01,CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe,0.116666666667
17	01,CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe,0.266666666667
18	01,AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe,0.716666666667

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.4.2 Cálculo de Tiempos de Recorrido Promedio

Una vez se tenga el archivo .csv por cada día, se realiza un proceso de promediar estos tiempos de ambos días, para obtener un archivo .csv final con los tiempos promedio de todos los recorridos. Para realizar esta labor, se utilizó un complemento de Excel, que viene implícito en su versión 2016, el cual es **Power Query**. Este complemento se especializa en un proceso conocido en inglés como **ETL: Extract (Extraer), Transform (Transformar) y Load (Cargar)**, el cual consiste en extraer información de varias fuentes, transformarlas haciendo los procesos necesarios, para finalmente cargarlos en una hoja de trabajo Excel.

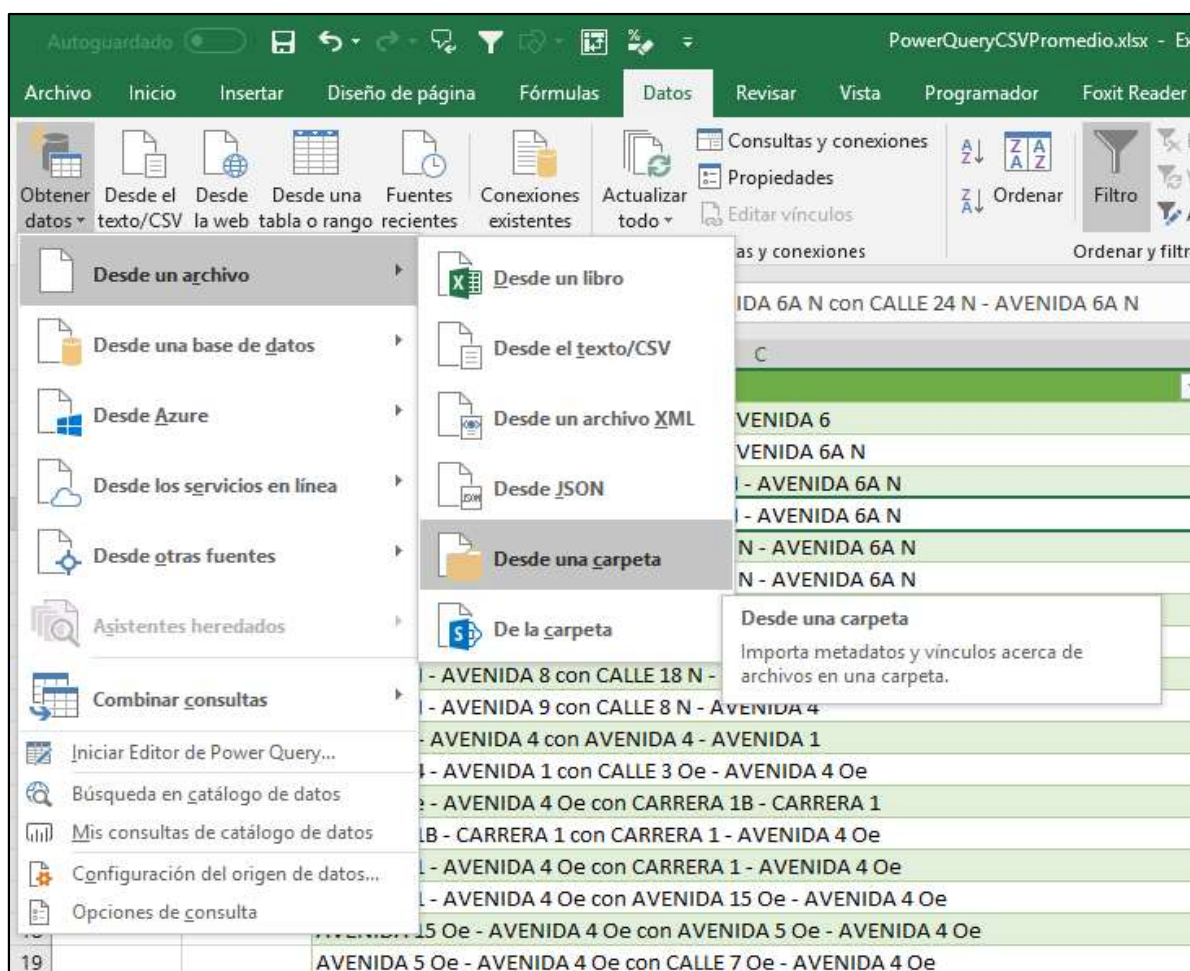


Figura 59. Complemento Power Query en Excel 2016 – Carga de Archivos CSV

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Se le indica al complemento la carpeta donde se encuentran los archivos CSV por día, y luego, con ayuda de lenguaje de programación M, se genera el promedio de los tiempos por cada tramo.

Este es el código M asociado:

```
let
    Modo = Excel.CurrentWorkbook(){[Name="tModo"]}[Content][Modo]{0},
    Origen = Folder.Files("D:\Documentos\UNIVALLE\TRABAJO DE GRADO\PASANTIA\Ejemplo Python\Resultados\CSV Modo"),
    #"Filas filtradas" = Table.SelectRows(Origen, each Text.StartsWith([Name], Modo) and Text.EndsWith([Name], "Resultado.csv")),
    #"Filtered Hidden Files1" = Table.SelectRows(#"Filas filtradas", each [Attributes]?[Hidden]? <> true),
    #"Invocar función personalizada1" = Table.AddColumn(#"Filtered Hidden Files1", "Transformar archivo de CSV Modo", each #"Transformar archivo de CSV Modo"([Content])),
    #"Columnas con nombre cambiado1" = Table.RenameColumns(#"Invocar función personalizada1", {"Name", "Source.Name"}),
    #"Otras columnas quitadas1" = Table.SelectColumns(#"Columnas con nombre cambiado1", {"Source.Name", "Transformar archivo de CSV Modo"}),
    #"Columna de tabla expandida1" = Table.ExpandTableColumn(#"Otras columnas quitadas1", "Transformar archivo de CSV Modo", Table.ColumnNames(#"Transformar archivo de CSV Modo"("#Archivo de ejemplo"))),
    #"Tipo cambiado con configuración regional" = Table.TransformColumnTypes(#"Columna de tabla expandida1", {"TiempoMin", type number}}, "en-US"),
    #"Filas agrupadas" = Table.Group(#"Tipo cambiado con configuración regional", {"Tramo"}, {"TiempoMinPromedio", each List.Average([TiempoMin]), type number}})
in
    #"Filas agrupadas"
```

Figura 60. Editor Avanzado Power Query. Lenguaje M.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Figura 61. Editor de Power Query. Resultado Final

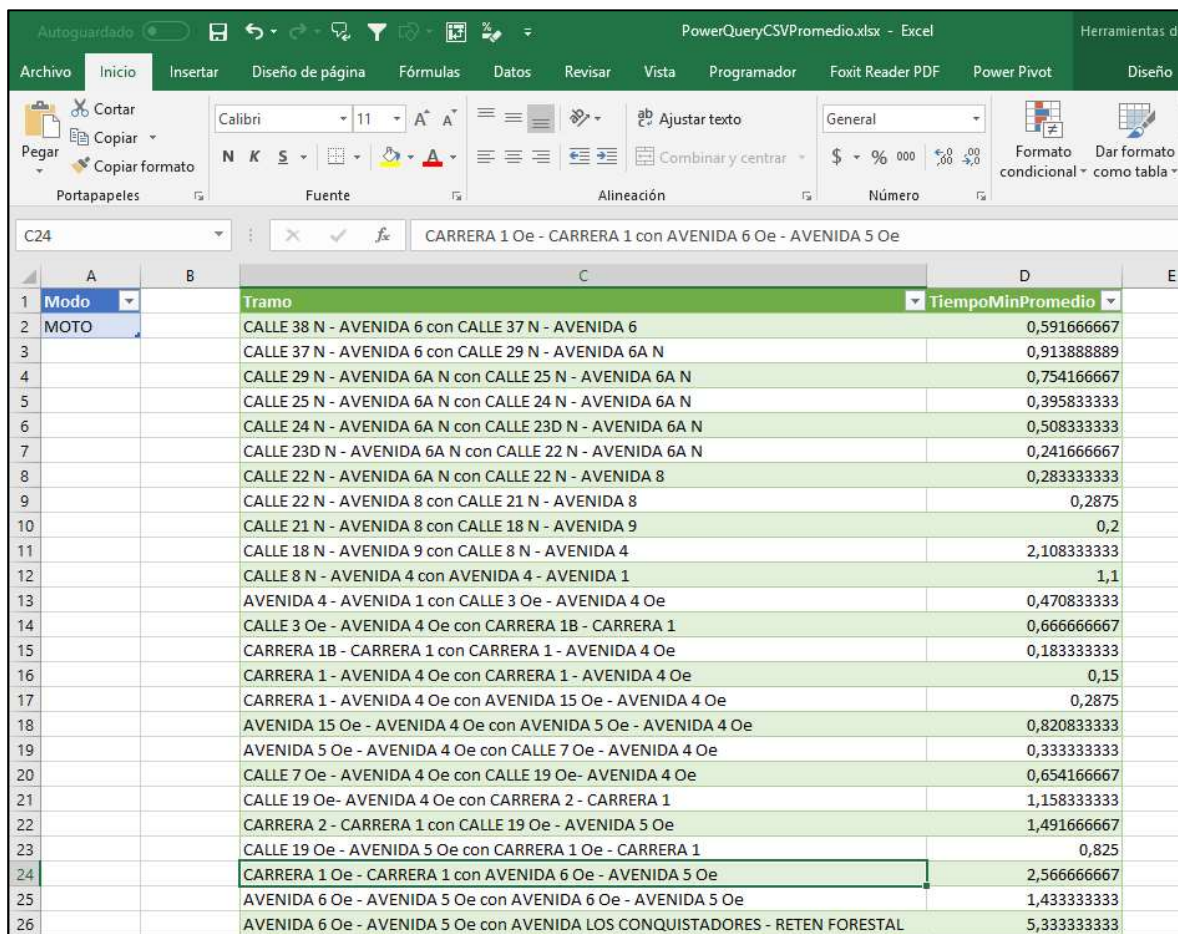
Tramo	1.2 TiempoMinPromedio
1 CALLE 38 N - AVENIDA 6 con CALLE 37 N - AVENIDA 6	0,591666667
2 CALLE 37 N - AVENIDA 6 con CALLE 29 N - AVENIDA 6A N	0,913888889
3 CALLE 29 N - AVENIDA 6A N con CALLE 25 N - AVENIDA 6A N	0,754166667
4 CALLE 25 N - AVENIDA 6A N con CALLE 24 N - AVENIDA 6A N	0,395833333
5 CALLE 24 N - AVENIDA 6A N con CALLE 23D N - AVENIDA 6A N	0,508333333
6 CALLE 23D N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 6A N	0,241666667
7 CALLE 22 N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 8	0,283333333
8 CALLE 22 N - AVENIDA 8 con CALLE 21 N - AVENIDA 8	0,2875
9 CALLE 21 N - AVENIDA 8 con CALLE 18 N - AVENIDA 9	0,2
10 CALLE 18 N - AVENIDA 9 con CALLE 8 N - AVENIDA 4	2,108333333
11 CALLE 8 N - AVENIDA 4 con AVENIDA 4 - AVENIDA 1	1,1
12 AVENIDA 4 - AVENIDA 1 con CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,470833333
13 CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1B - CARRERA 1	0,666666667
14 CARRERA 1B - CARRERA 1 con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe	0,183333333
15 CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe	0,15
16 CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,2875
17 AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,820833333
18 AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe con CALLE 7 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,333333333
19 CALLE 7 Oe - AVENIDA 4 Oe con CALLE 19 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,654166667
20 CALLE 19 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 2 - CARRERA 1	1,158333333
21 CARRERA 2 - CARRERA 1 con CALLE 19 Oe - AVENIDA 5 Oe	1,491666667
22 CALLE 19 Oe - AVENIDA 5 Oe con CARRERA 1 Oe - CARRERA 1	0,825
23 CARRERA 1 Oe - CARRERA 1 con AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe	2,566666667
24 AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe con AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe	1,433333333
25 AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe con AVENIDA LOS CONQUISTADORES - ...	5,333333333
26 AVENIDA LOS CONQUISTADORES - RETEN FORESTAL con AVENIDA 6 Oe	10,916666667

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez realizado el proceso en Power Query, en el Editor de este complemento a través de la Ficha Archivo, Grupo Cerrar, Opción Cerrar y Cargar, se coloca en Excel para observar el resultado:

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Figura 62. Resultado Cargado en Excel



Modo	Tramo	TiempoMinPromedio
MOTO	CALLE 38 N - AVENIDA 6 con CALLE 37 N - AVENIDA 6	0,591666667
	CALLE 37 N - AVENIDA 6 con CALLE 29 N - AVENIDA 6A N	0,913888889
	CALLE 29 N - AVENIDA 6A N con CALLE 25 N - AVENIDA 6A N	0,754166667
	CALLE 25 N - AVENIDA 6A N con CALLE 24 N - AVENIDA 6A N	0,395833333
	CALLE 24 N - AVENIDA 6A N con CALLE 23D N - AVENIDA 6A N	0,508333333
	CALLE 23D N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 6A N	0,241666667
	CALLE 22 N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 8	0,283333333
	CALLE 22 N - AVENIDA 8 con CALLE 21 N - AVENIDA 8	0,2875
	CALLE 21 N - AVENIDA 8 con CALLE 18 N - AVENIDA 9	0,2
	CALLE 18 N - AVENIDA 9 con CALLE 8 N - AVENIDA 4	2,108333333
	CALLE 8 N - AVENIDA 4 con AVENIDA 4 - AVENIDA 1	1,1
	AVENIDA 4 - AVENIDA 1 con CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,470833333
	CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1B - CARRERA 1	0,666666667
	CARRERA 1B - CARRERA 1 con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe	0,183333333
	CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe	0,15
	CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,2875
	AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,820833333
	AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe con CALLE 7 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,333333333
	CALLE 7 Oe - AVENIDA 4 Oe con CALLE 19 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,654166667
	CALLE 19 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 2 - CARRERA 1	1,158333333
	CARRERA 2 - CARRERA 1 con CALLE 19 Oe - AVENIDA 5 Oe	1,491666667
	CALLE 19 Oe - AVENIDA 5 Oe con CARRERA 1 Oe - CARRERA 1	0,825
	CARRERA 1 Oe - CARRERA 1 con AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe	2,566666667
	AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe con AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe	1,433333333
	AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe con AVENIDA LOS CONQUISTADORES - RETEN FORESTAL	5,333333333

Fuente: Elaboración Propia, 2018

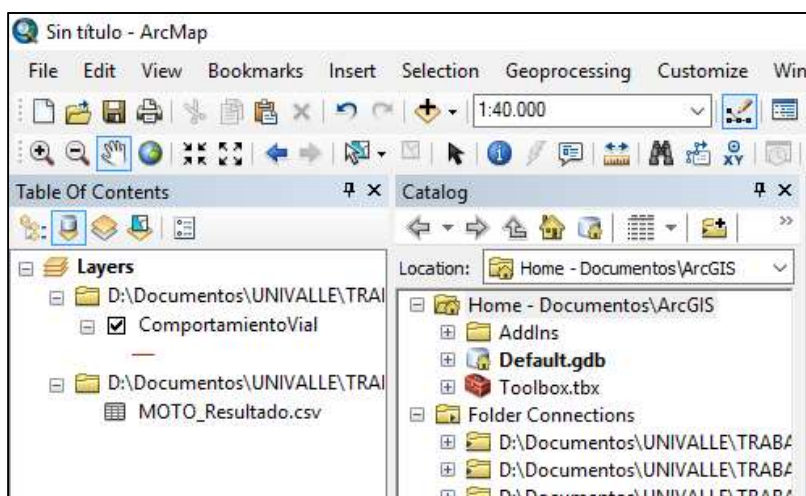
De aquí, se puede copiar la información resultante en un nuevo archivo Excel, y guardarlo como .csv para su posterior manipulación.

7.4.3 Cálculo de la Velocidad de Recorrido

Con este archivo .csv resultante, en ArcGis se realiza un join con el shape de vías (comportamiento vial) teniendo en cuenta el nombre del tramo, para asignarle a este Shape los tiempos promedio calculados.

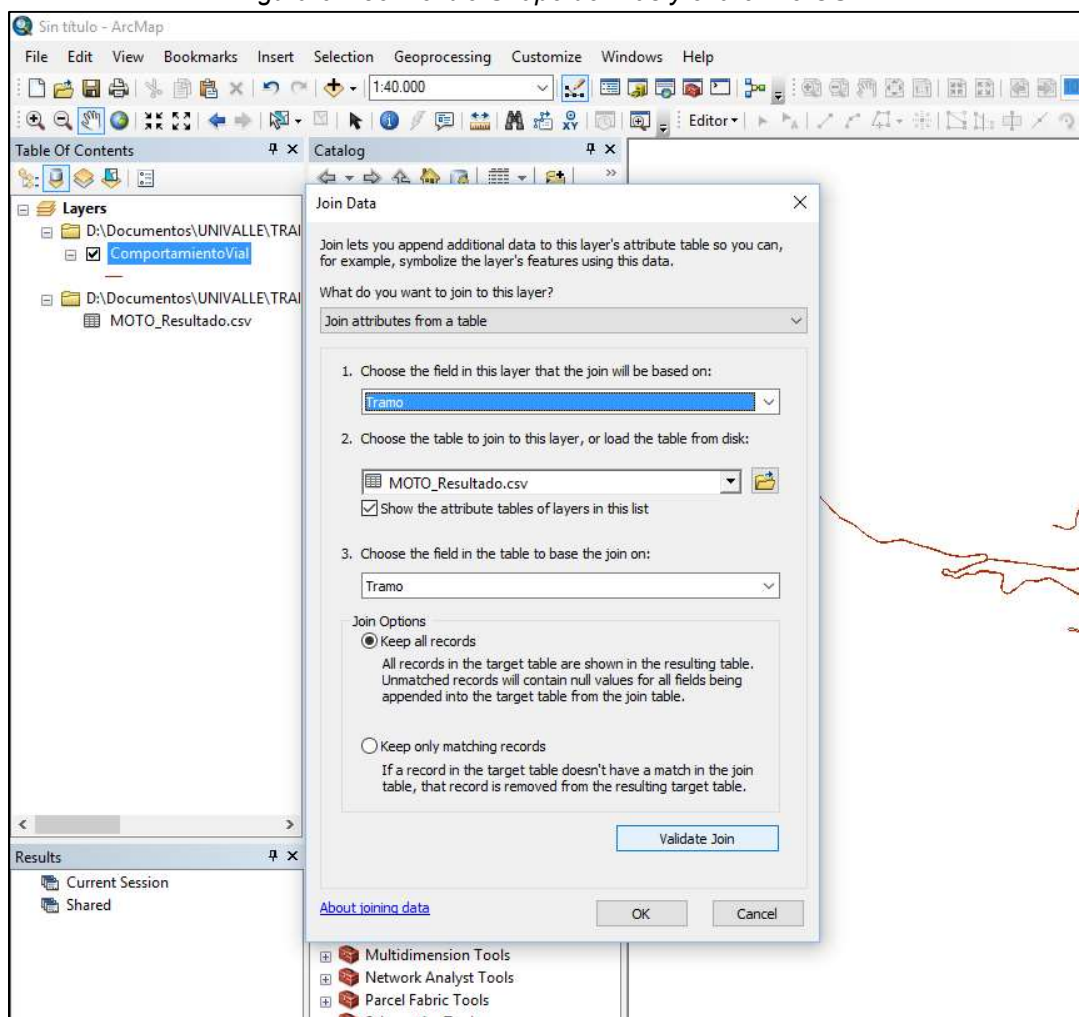
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Figura 63. Carga del Shape de Vías y el CSV Resultante



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 64. Join entre Shape de Vías y el archivo CSV



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Una vez realizado el Join, se observa que quedan unos tramos vacíos (null). Estos se eliminan, puesto que representan los tramos (arcos) por donde no pasaron los recorridos.

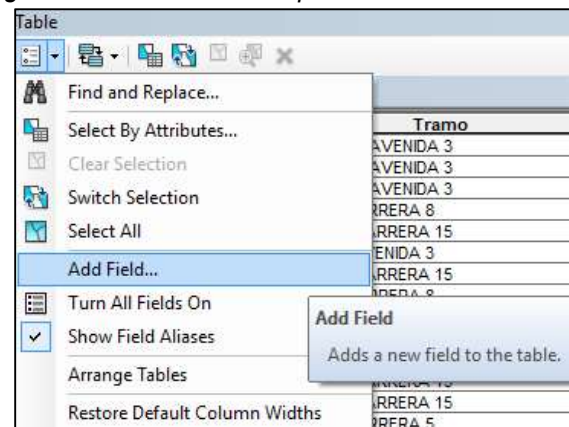
Figura 65. Tabla de Atributos después de ejecutado el Join

LENGTH	START X	START Y	END X	END Y	Tramo	TiempoMinPromedio
0,536661	1058824,7538	869948,1038	1059004,906	870433,9989	<Null>	<Null>
0,531407	1059004,906	870433,9989	1058824,7538	869948,1038	<Null>	<Null>
0,507456	1058824,7538	869948,1038	1058820,0557	869456,8192	<Null>	<Null>
0,505008	1058820,0557	869456,8192	1058824,7538	869948,1038	<Null>	<Null>
0,433494	1061507,7368	875670,7189	1061626,9432	875316,2223	CALLE 34 N - AVENIDA 4 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	0,516667
0,375491	1061807,2896	875628,8098	1061626,9432	875316,22	CALLE 34 N - AVENIDA 3 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	0,591667
0,39098	1061626,9432	875316,22	1061807,2896	875628,8098	CALLE 30 N - AVENIDA 3 con CALLE 34 N - AVENIDA 3	1,233333
0,872799	1062499,3773	874865,9689	1063046,5457	875505,0695	<Null>	<Null>
0,719242	1063385,2111	874455,7845	1062705,3813	874241,2982	<Null>	<Null>
0,591987	1061613,1742	873458,8745	1061050,56046	873274,784293	CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 15 - CARRERA 8	1,033333
0,720035	1062864,2572	873723,5296	1062165,9212	873593,2643	<Null>	<Null>
0,308979	1061300,2749	872441,8035	1060998,7596	872455,3257	CALLE 15 - CARRERA 15 con CALLE 13 - CARRERA 15	0,65
1,089008	1060028,9753	873375,0192	1060706,362	874065,7368	CALLE 5 - CARRERA 1 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	2,366667
0,151815	1060012,3082	873241,9478	1060028,9753	873375,0192	<Null>	<Null>
0,247173	1060038,6012	873449,1164	1060012,3082	873241,9478	<Null>	<Null>
0,315385	1060998,7596	872455,3257	1061300,2749	872441,8035	CALLE 13 - CARRERA 15 con CALLE 15 - CARRERA 15	0,625
0,260546	1061050,56046	873274,784293	1060802,4958	873195,3099	CALLE 15 - CARRERA 8 con CALLE 13 - CARRERA 8	0,8
0,214039	1060736,5449	874501,6206	1060806,0247	874703,4066	CALLE 18 N - AVENIDA 6 con CALLE 21 N - AVENIDA 6	0,508333
0,394104	1060924,5548	874149,2961	1061153,1123	874460,0078	<Null>	<Null>
0,245981	1060924,5548	874149,2961	1060706,362	874065,7383	AVENIDA 2 - AVENIDA 3 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	0,35
0,715599	1062165,9212	873593,2643	1062864,2572	873723,5296	<Null>	<Null>
0,3959	1061153,1123	874460,0078	1060924,5548	874149,2961	CALLE 21 N - AVENIDA 3 con AVENIDA 2 - AVENIDA 3	0,85
0,511513	1061347,4121	872444,6283	1061820,2054	872596,0523	CALLE 16 - CARRERA 15 con CALLE 21 - CARRERA 15	0,941667
0,502319	1061586,9385	872525,5227	1061588,473	872525,9739	CALLE 21 - CARRERA 15 con CALLE 16 - CARRERA 15	0,808333
0,855911	1063046,5457	875505,0695	1062499,3773	874865,9689	<Null>	<Null>
0,715512	1062705,3813	874241,2982	1063385,2111	874455,7845	<Null>	<Null>
0,546091	1062705,3813	874241,2982	1062864,2572	873723,5296	<Null>	<Null>
0,583939	1060925,63752	873582,256123	1061455,95483	873826,65234	CALLE 15 - CARRERA 5 con CALLE 21 - CARRERA 5	1,2
0,276146	1061133,0128	873033,7272	1060860,8974	873010,8132	CALLE 15 - CARRERA 10 con CALLE 13 - CARRERA 10	0,8
0,275707	1060860,8974	873010,8132	1061133,0128	873033,7272	CALLE 13 - CARRERA 10 con CALLE 15 - CARRERA 10	0,55
0,320228	1060806,0247	874703,4066	1061068,138	874520,3916	CALLE 21 N - AVENIDA 6 con CALLE 21 N - AVENIDA 4	1,033333
0,251013	1060870,3543	874289,3755	1060736,5449	874501,6206	CALLE 18 N - AVENIDA 4 con CALLE 18 N - AVENIDA 6	0,608333
0,311199	1061068,138	874520,3916	1060870,3543	874289,3755	CALLE 18 N - AVENIDA 4 con CALLE 21 N - AVENIDA 4	0,85
0,104305	1061068,138	874520,3916	1061153,1123	874460,0096	CALLE 21 N - AVENIDA 4 con CALLE 21 N - AVENIDA 3	0,35
0,282457	1061613,1742	873458,8745	1061666,9589	873184,1578	CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 21 - CARRERA 10	0,95
0,681692	1062048,9994	874058,9437	1062705,3813	874241,2982	<Null>	<Null>
0,544452	1062864,2572	873723,5296	1062705,3813	874241,2982	<Null>	<Null>
0,193525	1060802,4958	873195,3099	1060860,8974	873010,8132	<Null>	<Null>

Fuente: Elaboración Propia, 2018

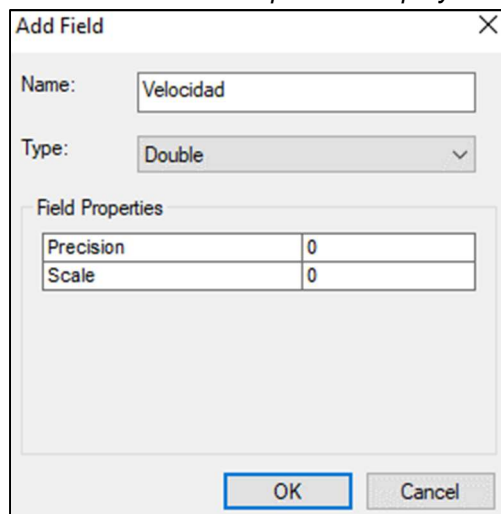
Una vez eliminados los registros vacíos, se procede a realizar el cálculo de la velocidad, teniendo en cuenta la longitud del tramo (que está en kilómetros) y el tiempo asignado (que está en minutos). Se adiciona un campo, el cual se llamará Velocidad, de tipo Double:

Figura 66. Adición de Campo en la Tabla de Atributos



Fuente: Elaboración Propia, 2018

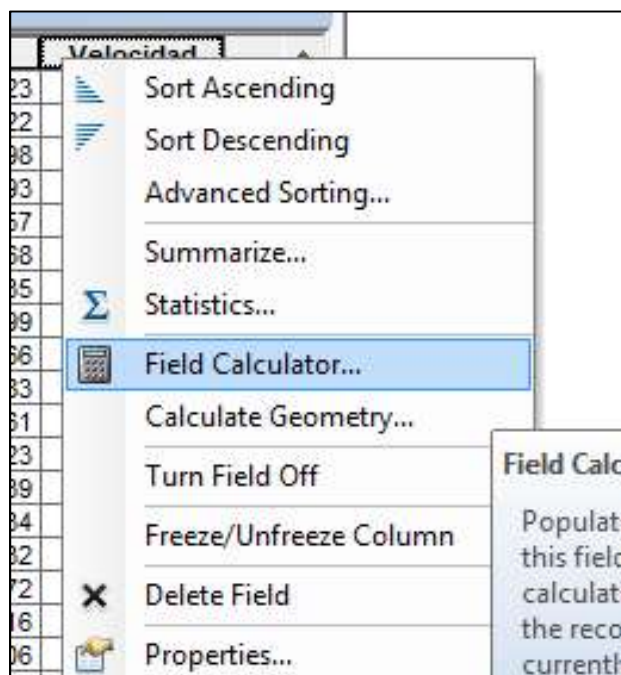
Figura 67. Definición del tipo de Campo y Nombre



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez adicionado el campo, y establecido el tipo de campo, se procede a calcular la **Velocidad de Recorrido**, con ayuda del Field Calculator (Calculadora de Campo), haciendo clic derecho encima del nuevo campo y seleccionando la opción correspondiente:

Figura 68. Field Calculator



Fuente: Elaboración Propia, 2018

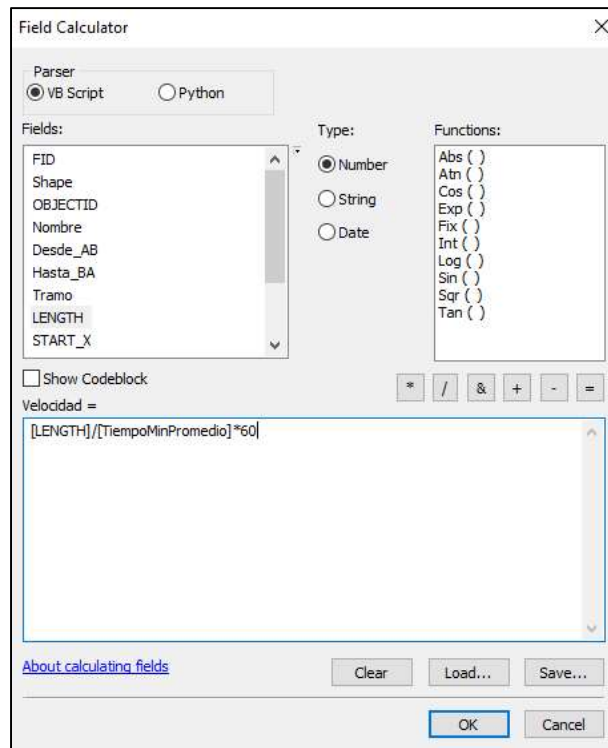
Una vez en el Field Calculator, se coloca la fórmula correspondiente para el cálculo de la Velocidad de Recorrido: **Length / TiempoMinPromedio * 60**, siendo:

[LENGTH]: La longitud del tramo en km.

[TiempoMinPromedio]: El tiempo de recorrido promedio en minutos.

Para que la fórmula genere la Velocidad de recorrido en Kilómetros por Hora, se multiplica esta división por 60.

Figura 69. Fórmula para el cálculo de la Velocidad de Recorrido en el Field Calculator



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Al hacer clic en OK, ya se tendrá el cálculo de la Velocidad de Recorrido en el Shape de Vías.

Figura 70. Tabla de Atributos con el cálculo de Velocidad de Recorrido

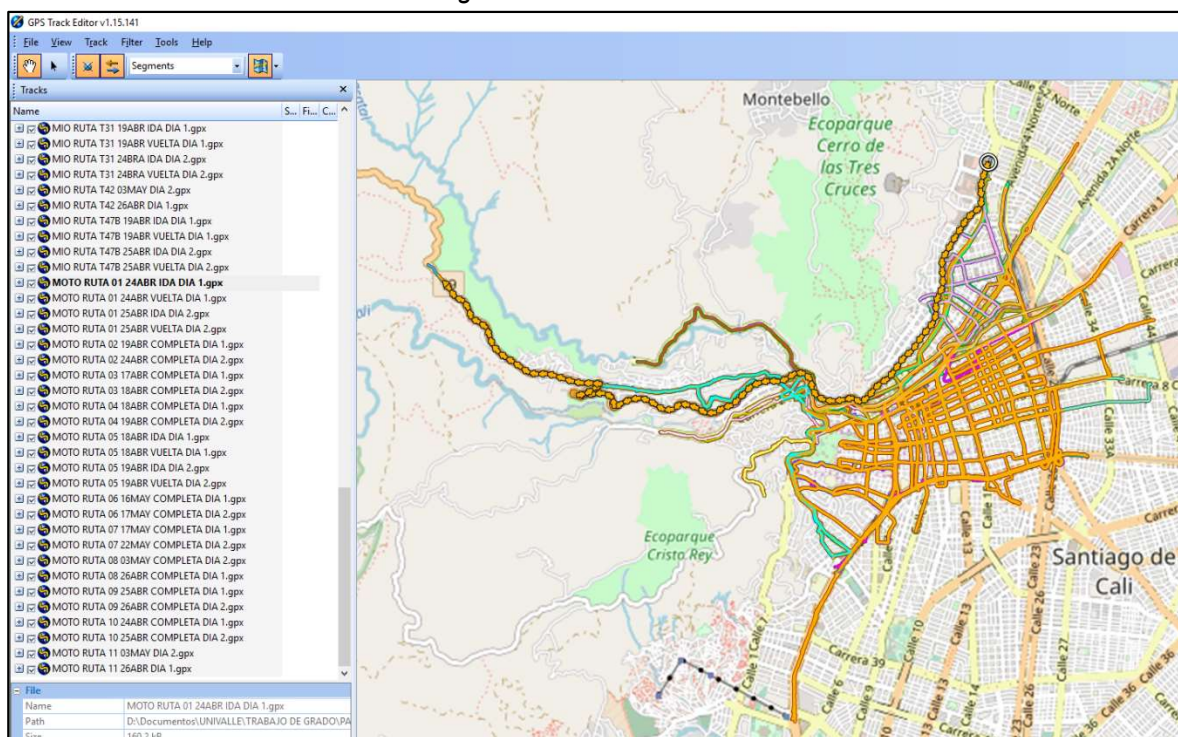
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

LENGTH	START X	START Y	END X	END Y	Velocidad
0,433494	1061507,7368	875670,7189	1061626,9432	875316,2223	50,341296
0,375491	1061807,2896	875628,8098	1061626,9432	875316,22	38,077939
0,39098	1061626,9432	875316,22	1061807,2896	875628,8098	19,020629
0,591987	1061613,1742	873458,8745	1061050,56046	873274,784293	34,373452
0,308979	1061300,2749	872441,8035	1060998,7596	872455,3257	28,521175
1,089008	1060028,9753	873375,0192	1060706,362	874065,7368	27,608655
0,315385	1060998,7596	872455,3257	1061300,2749	872441,8035	30,276988
0,260546	1061050,56046	873274,784293	1060802,4958	873195,3099	19,54096
0,214039	1060736,5449	874501,6206	1060806,0247	874703,4066	25,263642
0,245981	1060924,5548	874149,2961	1060706,362	874065,7383	42,168105
0,3959	1061153,1123	874460,0078	1060924,5548	874149,2961	27,94586
0,511513	1061347,4121	872444,6283	1061820,2054	872596,0523	32,591981
0,502319	1061586,9385	872525,5227	1061588,473	872525,9739	37,285557
0,583939	1060925,63752	873582,256123	1061455,95483	873826,65234	29,196934
0,276146	1061133,0128	873033,7272	1060860,8974	873010,8132	20,710933

Fuente: Elaboración Propia, 2018

También, para generar el cálculo de Velocidades de Recorrido por cada una de las rutas diseñadas, se hace una conversión de los archivos GPX con ayuda del programa gratuito **GPS Track Editor**, el cual, además de permitir visualizar los archivos GPX, también permite hacer conversiones de los archivos a .CSV directamente con todos los campos que genera el GPX.

Figura 71. GPS Track Editor

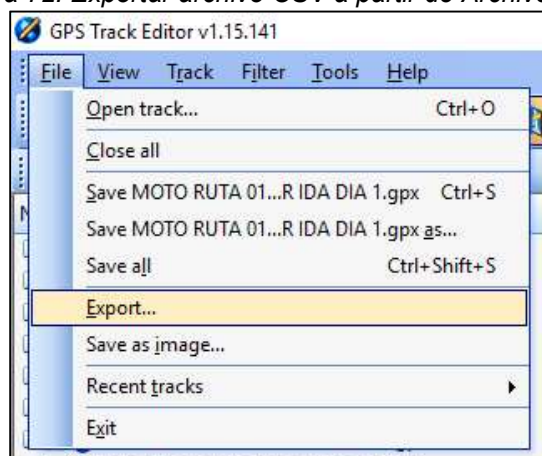


Fuente: Elaboración Propia, 2018

Para hacer la exportación a .CSV, nos vamos al menú **File**, y seleccionamos la opción **Export**:

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

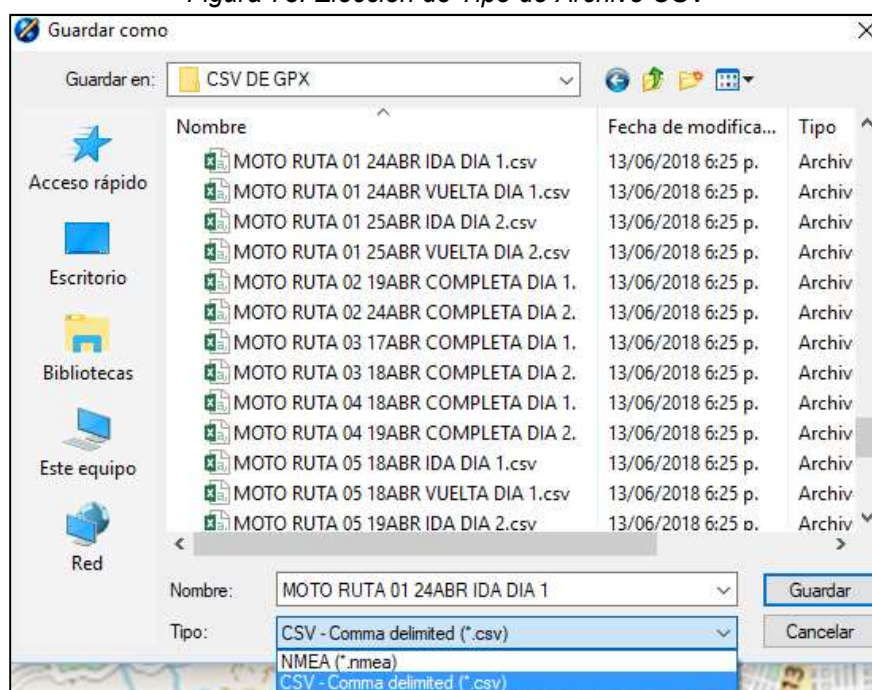
Figura 72. Exportar archivo CSV a partir de Archivo GPX



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez ahí, se selecciona el tipo de archivo para la extracción.

Figura 73. Elección de Tipo de Archivo CSV



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez se tengan todos los archivos CSV extraídos, se procede a unir todos estos archivos en una sola tabla, para realizar el posterior análisis. Esta unión, la realizamos con la ayuda del complemento Excel Power Query, y la realización de código M, el cual se muestra a continuación:

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

```

let
    Origen = Folder.Files("D:\Documentos\UNIVALLE\TRABAJO DE GRADO\PASANTIA\Ejemplo Python\Resultados\CSV DE GPX"),
    #"Filtered Hidden Files1" = Table.SelectRows(Origen, each [Attributes]?[Hidden]? <> true),
    #"Invocar función personalizada1" = Table.AddColumn(#"Filtered Hidden Files1", "Transformar archivo de CSV DE GPX", each #"Transformar archivo de CSV DE GPX"([Content])),
    #"Columnas con nombre cambiado1" = Table.RenameColumns(#"Invocar función personalizada1", {"Name", "Source.Name"}),
    #"Otras columnas quitadas1" = Table.SelectColumns(#"Columnas con nombre cambiado1", {"Source.Name", "Transformar archivo de CSV DE GPX"}),
    #"Columna de tabla expandida1" = Table.ExpandTableColumn(#"Otras columnas quitadas1", "Transformar archivo de CSV DE GPX", Table.ColumnNames(#"Transformar archivo de CSV DE GPX"("#Archivo de ejemplo"))),
    #"Valor reemplazado" = Table.ReplaceValue(#"Columna de tabla expandida1", ".csv", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name"}),
    #"Valor reemplazado1" = Table.ReplaceValue(#"Valor reemplazado", "RUTA", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name"}),
    #"Dividir columna por delimitador" = Table.SplitColumn(#"Valor reemplazado1", "Source.Name", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "}, QuoteStyle.Csv, false), {"Modo", "Source.Name.2"}),
    #"Dividir columna por delimitador1" = Table.SplitColumn(#"Dividir columna por delimitador", "Source.Name.2", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "}, QuoteStyle.Csv, false), {"RUTA", "Source.Name.2.2"}),
    #"Dividir columna por delimitador2" = Table.SplitColumn(#"Dividir columna por delimitador1", "Source.Name.2.2", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "}, QuoteStyle.Csv, false), {"Source.Name.2.2.1", "Source.Name.2.2.2"}),
    #"Filas filtradas" = Table.SelectRows(#"Dividir columna por delimitador2", each ([Source.Name.2.2.2] <> "CONEXION DIA 1")),
    #"Valor reemplazado2" = Table.ReplaceValue(#"Filas filtradas", "COMPLETO", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name.2.2.2"}),
    #"Valor reemplazado3" = Table.ReplaceValue(#"Valor reemplazado2", "COMPLETA", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name.2.2.2"}),
    #"Filas filtradas1" = Table.SelectRows(#"Valor reemplazado3", each true),
    #"Columnas quitadas" = Table.RemoveColumns(#"Filas filtradas1", {"Heart rate", "Cadence", "Temperature", "GPS speed (km/h)", "GPS heading", "HDOP", "VDOP", "PDOP", "Source.Name.2.2.1"}),
    #"Columnas con nombre cambiado" = Table.RenameColumns(#"Columnas quitadas", {"Source.Name.2.2.2", "DIA"}),
    #"Tipo cambiado con configuración regional" = Table.TransformColumnTypes(#"Columnas con nombre cambiado", {"Latitude", type number}, {"Longitude", type number}, {"Elevation (m)", type number}, {"Speed (km/h)", type number}, {"Heading", type number}, {"Leg length (m)", type number}, {"From start (km)", type number}}, "en-US"),

```

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

```
#"Dividir columna por posición" = Table.SplitColumn("#Tipo cambiado con
configuración regional", "DIA", Splitter.SplitTextByPositions({0, 5}, true), {"DIA.1",
"DIA.2"}),
#"Columnas combinadas" = Table.CombineColumns("#Dividir columna por
posición",{"RUTA", "DIA.1"},Combiner.CombineTextByDelimiter(" ",
QuoteStyle.None),"Combinada"),
#"Columnas con nombre cambiado2" = Table.RenameColumns("#Columnas
combinadas",{"Combinada", "RUTA"}, {"DIA.2", "DIA"}),
#"Filas filtradas2" = Table.SelectRows("#Columnas con nombre cambiado2",
each true)
in
#"Filas filtradas2"
```

A continuación, se muestra en el Editor de Power Query el resultado generado:

Figura 74. Resultado unión archivos CSV en Power Query de Excel

	Modo	RUTA	DIA	Date/time	Latitude	Longitude	Elevation
1	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:07	3,4774147	-76,5264831	
2	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:08	3,4774147	-76,5264829	
3	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:09	3,4774112	-76,5264788	
4	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:10	3,4774078	-76,526478	
5	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:11	3,4773887	-76,5264828	
6	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:12	3,4773688	-76,5264851	
7	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:13	3,4773339	-76,5264982	
8	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:14	3,4772937	-76,5265234	
9	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:15	3,4772412	-76,5265377	
10	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:16	3,477187	-76,5265574	
11	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:17	3,4771255	-76,5265674	
12	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:18	3,4770567	-76,526588	
13	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:19	3,4769806	-76,5266102	
14	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:20	3,476913	-76,5266154	
15	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:21	3,4768328	-76,5266373	
16	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:22	3,4767425	-76,526666	
17	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:23	3,4766612	-76,5266869	
18	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:24	3,4765713	-76,5267107	
19	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:25	3,4764823	-76,5267227	
20	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:26	3,4763917	-76,526756	
21	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:27	3,4763032	-76,526767	
22	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:28	3,4762076	-76,52678	
23	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:29	3,4761081	-76,5267897	
24	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:30	3,4760028	-76,5267937	
25	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:31	3,4759023	-76,5267968	
26	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:32	3,4757942	-76,5267842	
27	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:33	3,4756856	-76,5267676	
28	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:34	3,4755736	-76,5267526	

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Y, también, se muestra el resultado cargado en el archivo Excel:

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Figura 75. Resultado de archivos CSV Unidos cargados en Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Modo	ROUTE	DIA	Date/time	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Speed (km/h)	Heading	Leg length (m)	From start (km)	Elapsed time
1	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:07	3,4774147	-76,5264831	975	0	0	0	0	0 00:00:00
2	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:08	3,4774147	-76,5264829	975	0	104	0	0	0 00:00:01
3	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:09	3,4774112	-76,5264788	975	2,2	131	0,6	0,001	00:00:02
4	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:10	3,4774078	-76,526478	975	1,4	166	0,4	0,001	00:00:03
5	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:11	3,4773887	-76,5264828	975	7,9	194	2,2	0,003	00:00:04
6	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:12	3,4773688	-76,5264851	975	8	187	2,2	0,005	00:00:05
7	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:13	3,4773339	-76,5264982	975	14,9	200	4,1	0,01	00:00:06
8	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:14	3,4772937	-76,5265234	975	19	212	5,3	0,015	00:00:07
9	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:15	3,4772412	-76,5265377	971	21,8	195	6	0,021	00:00:08
10	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:16	3,477187	-76,5265574	971	23,1	200	6,4	0,027	00:00:09
11	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:17	3,4771255	-76,5265674	969	24,9	189	6,9	0,034	00:00:10
12	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:18	3,4770567	-76,526588	970	28,7	197	8	0,042	00:00:11

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Con base en esta información, ya se puede calcular la Velocidad de Recorrido por cada ruta diseñada. Esto se muestra en el apartado de Análisis y Discusión de Resultados del presente documento.

7.4.4 Cálculo de los Niveles de Servicio

Teniendo las Velocidades de Recorrido por tramo, se calculan los niveles de servicio según los tipos de vías. Para los tramos de la Zona Centro – Oeste de la ciudad de Cali, las vías clasifican en el tipo II, para que, de acuerdo con la tabla 1 del presente escrito, se calculen. Este cálculo se realiza en Excel, con ayuda de la función BUSCAR y constantes matriciales:

Figura 76. Cálculo de los Niveles de Servicio, por cada Tramo

	A	B	C	D	E
	Tramo	Velocidad	Nivel de Servicio		
1	CALLE 34 N - AVENIDA 4 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	50,34129586590	B		
2	CALLE 34 N - AVENIDA 3 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	38,07793870550	C		
3	CALLE 30 N - AVENIDA 3 con CALLE 34 N - AVENIDA 3	19,02062907370	F		
4	CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 15 - CARRERA 8	34,37345199440	C		
5	CALLE 15 - CARRERA 15 con CALLE 13 - CARRERA 15	28,52117471880	D		
6	CALLE 5 - CARRERA 1 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	27,60865514990	D		
7	CALLE 13 - CARRERA 15 con CALLE 15 - CARRERA 15	30,27698761940	D		
8	CALLE 15 - CARRERA 8 con CALLE 13 - CARRERA 8	10,54095890640	E		

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez calculados los Niveles de Servicio en el archivo Excel, se convierte el archivo en CSV, para luego realizar un Join con el Shape de Velocidades teniendo como campo base el nombre del tramo, y así asignar el Nivel de Servicio en el Shape de Vías.

Figura 77. Tabla de Atributos del Shape de Vías con el Nivel de Servicio

LENGTH	START X	START Y	END X	END Y	Velocidad	Nivel de S
0,433494	1061507,7368	875670,7189	1061626,9432	875316,2223	50,341296	B
0,375491	1061807,2896	875628,8098	1061626,9432	875316,22	38,077939	C
0,39098	1061626,9432	875316,22	1061807,2896	875628,8098	19,020629	F
0,591987	1061613,1742	873458,8745	1061050,56046	873274,784293	34,373452	C
0,308979	1061300,2749	872441,8035	1060998,7596	872455,3257	28,521175	D
1,089008	1060028,9753	873375,0192	1060706,362	874065,7368	27,608655	D
0,315385	1060998,7596	872455,3257	1061300,2749	872441,8035	30,276988	D
0,260546	1061050,56046	873274,784293	1060802,4958	873195,3099	19,54096	F
0,214039	1060736,5449	874501,6206	1060806,0247	874703,4066	25,263642	E
0,245981	1060924,5548	874149,2961	1060706,362	874065,7383	42,168105	C
0,3959	1061153,1123	874460,0078	1060924,5548	874149,2961	27,94586	D
0,511513	1061347,4121	872444,6283	1061820,2054	872596,0523	32,591981	D
0,502319	1061586,9385	872525,5227	1061588,473	872525,9739	37,285557	C
0,583939	1060925,63752	873582,256123	1061455,95483	873826,65234	29,196934	D
0,276146	1061133,0128	873033,7272	1060860,8974	873010,8132	20,710933	F
0,275707	1060860,8974	873010,8132	1061133,0128	873033,7272	30,077147	D
0,320228	1060806,0247	874703,4066	1061068,138	874520,3016	18,503871	F

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Con base en el archivo Excel de la Figura 74, se puede también calcular los Niveles de Servicio por cada una de las rutas diseñadas. Esto se muestra en el apartado de Análisis y Discusión de Resultados del presente documento.

7.4.5 Cálculo de la Velocidad de Marcha

Al igual que el cálculo de la Velocidad de Recorrido, La Velocidad de Marcha se calculará en dos términos: en términos de cada arco, y en términos de cada ruta. La Velocidad de Marcha en km/h es calculada con base en el archivo Excel de la Figura 74.

La Velocidad de Marcha, corresponde a la velocidad del vehículo estando en marcha, despreciando los tiempos en los cuales el vehículo estuvo detenido. Con ayuda de una tabla dinámica, se filtran las velocidades que sean mayores a 5 km/h, considerando el error que genera el dispositivo GPS cuando realiza las tomas en recorrido. El resultado obtenido se muestra en el apartado de Análisis y Discusión de Resultados del presente documento.

Para la asignación de la Velocidad de Marcha a cada uno de los arcos correspondientes a la red vial, y para una mejor manipulación de los archivos GPX, se decide trabajar con los archivos convertidos a CSV (que se generaron con ayuda de GPS Track Editor). La idea de todo el proceso que se describirá a continuación

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

es poder manipular los archivos GPX, de tal forma que queden las velocidades puntuales y los tiempos de recorrido de forma continua en el archivo, y estos puedan ser usados en el proceso que se realizó previamente con la velocidad de recorrido, y así se pueda asignar la Velocidad de Marcha correspondiente a cada arco del Shape de Vías.

Para ello, se usa el archivo presente en el Anexo 6 del presente documento, el cual se llama Velocidades de Marcha.xlsm, el cual, con ayuda del complemento Power Query de Excel, se unen todos estos archivos CSV y se filtran los registros de acuerdo con las velocidades mayores a 5 km/h. Se toma como base esta velocidad, sabiendo que el dispositivo GPS a la hora de levantar cada uno de los recorridos tiene inherente un error de toma, por lo que en ocasiones cuando el vehículo estaba detenido marcaba una cierta velocidad, siendo esta no mayor a 5 km/h.

Figura 78. Power Query con la Unión de archivos CSV y Filtro de Velocidades mayores a 5 km/h

		Date/time	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Speed (km)
1	DIA 1	2018-04-17 06:46:11	3,4773887	-76,5264828	975	
2	DIA 1	2018-04-17 06:46:12	3,4773688	-76,5264851	975	
3	DIA 1	2018-04-17 06:46:13	3,4773339	-76,5264982	975	
4	DIA 1	2018-04-17 06:46:14	3,4772987	-76,5265234	975	
5	DIA 1	2018-04-17 06:46:15	3,4772412	-76,5265377	971	
6	DIA 1	2018-04-17 06:46:16	3,477187	-76,5265574	971	
7	DIA 1	2018-04-17 06:46:17	3,4771255	-76,5265674	969	
8	DIA 1	2018-04-17 06:46:18	3,4770567	-76,526588	970	
9	DIA 1	2018-04-17 06:46:19	3,4769806	-76,5266102	967	
10	DIA 1	2018-04-17 06:46:20	3,476913	-76,5266154	967	
11	DIA 1	2018-04-17 06:46:21	3,4768328	-76,5266373	968	
12	DIA 1	2018-04-17 06:46:22	3,4767425	-76,526666	969	
13	DIA 1	2018-04-17 06:46:23	3,4766612	-76,5266869	970	
14	DIA 1	2018-04-17 06:46:24	3,4765713	-76,5267107	972	
15	DIA 1	2018-04-17 06:46:25	3,4764823	-76,5267227	973	
16	DIA 1	2018-04-17 06:46:26	3,4763917	-76,526756	973	
17	DIA 1	2018-04-17 06:46:27	3,4763032	-76,526767	974	
18	DIA 1	2018-04-17 06:46:28	3,4762076	-76,52678	974	
19	DIA 1	2018-04-17 06:46:29	3,4761081	-76,5267897	974	
20	DIA 1	2018-04-17 06:46:30	3,4760028	-76,5267937	975	
21	DIA 1	2018-04-17 06:46:31	3,4759023	-76,5267968	976	
22	DIA 1	2018-04-17 06:46:32	3,4757942	-76,5267842	976	
23	DIA 1	2018-04-17 06:46:33	3,4756856	-76,5267676	975	
24	DIA 1	2018-04-17 06:46:34	3,4755736	-76,5267526	975	
25	DIA 1	2018-04-17 06:46:35	3,4754567	-76,5267291	975	
26	DIA 1	2018-04-17 06:46:36	3,4753342	-76,5267075	976	
27	DIA 1	2018-04-17 06:46:37	3,4752184	-76,5266824	976	
28	DIA 1	2018-04-17 06:46:38	3,4751063	-76,5266556	976	
29	DIA 1	2018-04-17 06:46:39	3,4749947	-76,526633	977	

Fuente: Elaboración Propia, 2018

El código M asociado a este proceso se muestra a continuación:

let

```

    Origen = Folder.Files("D:\Documentos\UNIVALLE\TRABAJO DE GRADO\PASANTIA\Ejemplo Python\Resultados\CSV DE GPX"),
    #"Filtered Hidden Files1" = Table.SelectRows(Origen, each [Attributes]?[Hidden]? <> true),
    #"Invocar función personalizada1" = Table.AddColumn(#"Filtered Hidden Files1", "Transformar archivo de CSV DE GPX", each #"Transformar archivo de CSV DE GPX"([Content])),
    #"Columnas con nombre cambiado1" = Table.RenameColumns(#"Invocar función personalizada1", {"Name", "Source.Name"}),

```


ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

```

#"Otras columnas quitadas1" = Table.SelectColumns("#Columnas con nombre
cambiado1", {"Source.Name", "Transformar archivo de CSV DE GPX"}),
#"Columna de tabla expandida1" = Table.ExpandTableColumn("#Otras columnas
quitadas1", "Transformar archivo de CSV DE GPX",
Table.ColumnNames("#Transformar archivo de CSV DE GPX"("#Archivo de
ejemplo"))),
#"Valor reemplazado" = Table.ReplaceValue("#Columna de tabla
expandida1", ".csv", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name"}),
#"Valor reemplazado1" = Table.ReplaceValue("#Valor reemplazado", "RUTA
", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name"}),
#"Dividir columna por delimitador" = Table.SplitColumn("#Valor reemplazado1",
"Source.Name", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "}, QuoteStyle.Csv, false),
{"Modo", "Source.Name.2"}),
#"Dividir columna por delimitador1" = Table.SplitColumn("#Dividir columna por
delimitador", "Source.Name.2", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "},
QuoteStyle.Csv, false), {"RUTA", "Source.Name.2.2"}),
#"Dividir columna por delimitador2" = Table.SplitColumn("#Dividir columna por
delimitador1", "Source.Name.2.2", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "},
QuoteStyle.Csv, false), {"Source.Name.2.2.1", "Source.Name.2.2.2"}),
#"Filas filtradas" = Table.SelectRows("#Dividir columna por delimitador2", each
([Source.Name.2.2.2] <> "CONEXION DIA 1")),
#"Valor reemplazado2" = Table.ReplaceValue("#Filas filtradas", "COMPLETO
", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name.2.2.2"}),
#"Valor reemplazado3" = Table.ReplaceValue("#Valor
reemplazado2", "COMPLETA ", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name.2.2.2"}),
#"Filas filtradas1" = Table.SelectRows("#Valor reemplazado3", each true),
#"Columnas quitadas" = Table.RemoveColumns("#Filas filtradas1", {"Heart rate",
"Cadence", "Temperature", "GPS speed (km/h)", "GPS heading", "HDOP", "VDOP",
"PDOP", "Source.Name.2.2.1"}),
#"Columnas con nombre cambiado" = Table.RenameColumns("#Columnas
quitadas", {"Source.Name.2.2.2", "DIA"}),
#"Tipo cambiado con configuración regional" =
Table.TransformColumnTypes("#Columnas con nombre cambiado", {"Latitude",
type number}, {"Longitude", type number}, {"Elevation (m)", type number}, {"Speed
(km/h)", type number}, {"Heading", type number}, {"Leg length (m)", type number},
{"From start (km)", type number}}, "en-US"),
#"Dividir columna por posición" = Table.SplitColumn("#Tipo cambiado con
configuración regional", "DIA", Splitter.SplitTextByPositions({0, 5}, true), {"DIA.1",
"DIA.2"}),
#"Columnas combinadas" = Table.CombineColumns("#Dividir columna por
posición", {"RUTA", "DIA.1"}, Combiner.CombineTextByDelimiter(" ",
QuoteStyle.None), "Combinada"),
#"Columnas con nombre cambiado2" = Table.RenameColumns("#Columnas
combinadas", {"Combinada", "RUTA"}, {"DIA.2", "DIA"}),
#"Filas filtradas2" = Table.SelectRows("#Columnas con nombre cambiado2",
each true),

```

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

```
#"Filas filtradas3" = Table.SelectRows("#Filas filtradas2", each [#"Speed (km/h)"
> 5),
#"Filas ordenadas" = Table.Sort("#Filas filtradas3",{{"Modo", Order.Ascending},
{"RUTA", Order.Ascending}, {"DIA", Order.Ascending}, {"Date/time",
Order.Ascending}})
in
#"Filas ordenadas"
```

Una vez filtrados los CSV, se carga en Excel la tabla resultante. Esta tabla está ordenada con base en 4 columnas: El Modo, la Ruta, el Día y el Date/time. Este orden es importante para el siguiente proceso a realizar.

Como se puede observar en la siguiente imagen, el campo Date/time, por las filas que fueron eliminadas por el filtro, se encuentra en intervalos de tiempo disparejos. Normalmente el GPX muestra tiempos y velocidades puntuales cada segundo, pero al realizar el filtro, este comportamiento se altera.

Figura 79. Tabla Cargada en Excel, con saltos en el Date/Time

=TEXTO(SI(Y(A77=A76;B77=B76;C77=C76);M76+"0:0:1";D77+0);"yyyy-mm-dd hh:mm:ss")									
Modo	RUTA	DIA	Date/time	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Speed (km/h)	Heading	Leg length
70	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:19	3,4716012	-76,5288836	975	24,1	204
71	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:20	3,471553	-76,5289191	975	23,9	216
72	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:21	3,4715079	-76,528948	975	21,4	213
73	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:22	3,4714891	-76,5289563	975	8,2	204
74	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:23	3,4714603	-76,5289666	975	12,3	200
75	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:24	3,4714433	-76,5289779	976	8,2	214
76	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:25	3,4714277	-76,528993	977	8,7	224
77	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:42	3,471394	-76,5289955	984	6,8	236
78	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:43	3,4713667	-76,5290238	984	15,7	226
79	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:44	3,4713408	-76,5290384	981	11,9	209
80	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:45	3,4712983	-76,5290544	981	18,2	201
81	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:46	3,4712562	-76,5290757	981	18,9	207
82	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:47	3,4712006	-76,5291299	982	31	224

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Debido a este comportamiento, este campo se debe reformular, para que el GPX tenga las velocidades continuas en toda su configuración. Así se logrará la simulación: el vehículo nunca estuvo detenido a lo largo del tramo. Para ello, se realiza una nueva columna, llamada Fecha/Tiempo, la cual contendrá la fecha y la hora calculadas de forma continua por Modo, Ruta y Día correspondiente. Esto se logra con ayuda de fórmula Excel, en la celda M2:

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Figura 80. Fórmula para el cálculo de la Fecha/Tiempo continua

M2 $\text{=TEXTO(SI(Y(A2=A1;B2=B1;C2=C1);M1+"0:0:1";D2+0);"yyyy-mm-dd hh:mm:ss")}$

	G	H	I	J	K	L	M
	Elevation (m)	Speed (km/h)	Heading	Leg length (m)	From start (km)	Elapsed time	Fecha/Tiempo
2	975	7,9	194	2,2	0,003	00:00:04	2018-04-17 06:46:11
3	975	8	187	2,2	0,005	00:00:05	2018-04-17 06:46:12
4	975	14,9	200	4,1	0,01	00:00:06	2018-04-17 06:46:13
5	975	19	212	5,3	0,015	00:00:07	2018-04-17 06:46:14
6	971	21,8	195	6	0,021	00:00:08	2018-04-17 06:46:15
7	971	23,1	200	6,4	0,027	00:00:09	2018-04-17 06:46:16
8	969	24,9	189	6,9	0,034	00:00:10	2018-04-17 06:46:17
9	970	28,7	197	8	0,042	00:00:11	2018-04-17 06:46:18
10	967	31,7	196	8,8	0,051	00:00:12	2018-04-17 06:46:19
11	967	27,1	184	7,5	0,059	00:00:13	2018-04-17 06:46:20
12	968	33,2	195	9,2	0,068	00:00:14	2018-04-17 06:46:21
13	969	37,9	198	10,5	0,078	00:00:15	2018-04-17 06:46:22
14	970	33,6	194	9,3	0,088	00:00:16	2018-04-17 06:46:23

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez realizado esto, se realiza una tabla dinámica, que servirá como base para la generación de los nuevos archivos CSV con los datos filtrados y continuos.

Figura 81. Generación de la Tabla Dinámica basada en los datos filtrados y continuos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Speed (km/h)	(Todas)							
3									
4	Velocidad Marcha	DIA							
5	Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2	Total general				
6	AUTO	01 IDA	36,86 km/h	36,44 km/h	36,65 km/h				
7	AUTO	01 VUELTA	29,58 km/h	29,08 km/h	29,33 km/h				
8	AUTO	02	28,22 km/h	31,65 km/h	29,87 km/h				
9	AUTO	03	35,30 km/h	36,00 km/h	35,65 km/h				
10	AUTO	04	25,85 km/h	25,85 km/h	25,85 km/h				
11	AUTO	05 IDA	22,33 km/h	23,85 km/h	23,07 km/h				
12	AUTO	05 VUELTA	24,51 km/h	23,62 km/h	24,06 km/h				
13	AUTO	06	25,41 km/h	25,46 km/h	25,44 km/h				
14	AUTO	07	29,99 km/h	31,04 km/h	30,51 km/h				
15	AUTO	08	24,93 km/h	23,61 km/h	24,26 km/h				
16	AUTO	09	27,82 km/h	28,38 km/h	28,10 km/h				
17	AUTO	10	21,39 km/h	20,44 km/h	20,88 km/h				
18	AUTO	11	26,55 km/h	27,05 km/h	26,80 km/h				
19	CAMION	01	24,20 km/h	23,83 km/h	24,02 km/h				
20	CAMION	02	22,63 km/h	22,72 km/h	22,68 km/h				
21	CAMION	03	26,27 km/h	28,53 km/h	27,36 km/h				
22	CAMION	CRA10	27,66 km/h	26,93 km/h	27,27 km/h				
23	CAMION	CRA15	31,99 km/h	28,44 km/h	30,16 km/h				
24	CAMION	CRA8	22,93 km/h	22,70 km/h	22,81 km/h				
25	MIO	A01A	23,17 km/h	26,11 km/h	24,41 km/h				
26	MIO	A02	25,82 km/h	25,01 km/h	25,41 km/h				
27	MIO	A03	22,07 km/h	18,09 km/h	19,96 km/h				
28	MIO	A04	26,79 km/h	24,05 km/h	25,30 km/h				
29	MIO	A05	24,31 km/h	20,70 km/h	22,41 km/h				
30	MIO	A06	21,09 km/h	20,78 km/h	20,93 km/h				
31	MIO	E21 IDA	32,10 km/h	29,93 km/h	30,91 km/h				
32	MIO	E21 VUELTA	29,29 km/h	27,51 km/h	28,39 km/h				
33	MIO	E27 IDA	31,83 km/h	24,06 km/h	27,49 km/h				
34	MIO	E27 VUELTA	24,23 km/h	28,63 km/h	26,30 km/h				
35	MIO	E31 IDA	37,01 km/h	34,46 km/h	35,63 km/h				
36	MIO	E31 VUELTA	37,20 km/h	36,83 km/h	37,01 km/h				
37	MIO	E41 IDA	36,11 km/h	34,61 km/h	35,32 km/h				
38	MIO	E41 VUELTA	36,07 km/h	35,23 km/h	35,64 km/h				

Modo

AUTO

CAMION

MIO

MOTO

RUTA

01 01 IDA

01 VUELTA 02

03 04

05 IDA 05 VUELTA

06 07

08 09

10 11

A01A A02

A03 A04

A05 A06

CRA10 CRA15

CRA8 E21 IDA

E21 VUELTA E27 IDA

E27 VUELTA E31 IDA

E31 VUELTA E41 IDA

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Para hacer este proceso automático, se desarrolló un código VBA, el cual permite a través del método **ShowDetail** (Mostrar detalles) de la Tabla Dinámica, sacar la

información filtrada por Modo, Ruta y Día, y con base en esta información, generar archivos CSV de forma masiva sin necesidad de una interacción manual.

Figura 82. Código VBA Excel desarrollado para la Extracción de Archivos CSV

```
Sub DetallesTD()  
    Dim C As Range  
    Dim wb As Workbook  
    Dim fecha As String  
  
    Application.ScreenUpdating = False  
    Application.DisplayAlerts = False  
    With Sheets("Velocidad Marcha")  
        For Each C In .Range("C6:D60")  
            C.ShowDetail = True  
            ActiveSheet.Range("A1").CurrentRegion.Copy  
            Set wb = Workbooks.Add(1)  
            With wb.Sheets(1).Range("A1")  
                .PasteSpecial xlPasteValues  
                .Sort Range("D1"), Header:=xlYes  
            End With  
            fecha = UCase(Format(DateValue(Left(wb.Sheets(1).Range("D2"), 10)), "ddmmm"))  
            wb.SaveAs ThisWorkbook.Path & "\" & _  
                .Cells(C.Row, 1) & " RUTA " & .Cells(C.Row, 2) & fecha _  
                & " " & .Cells(5, C.Column) & ".csv" _  
                , xlCSVUTF8, CreateBackup:=False  
            wb.Close  
            ActiveSheet.Delete  
        Next C  
    End With  
    Application.DisplayAlerts = True  
    Application.ScreenUpdating = True  
End Sub
```

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Este código genera los archivos CSV con la configuración mostrada en el párrafo de la descripción de la rutina en Python, correspondiente a la sintaxis de archivos GPX, pero con los archivos CSV.

[MODO] RUTA [NOMBRE RUTA] [FECHA] [IDA – VUELTA] [DIA DE TOMA].csv

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Figura 83. Salida de archivos CSV con ayuda del código VBA

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
MOTO RUTA 01 IDA 24ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	156 KB
MOTO RUTA 01 IDA 25ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	154 KB
MOTO RUTA 01 VUELTA 24ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	175 KB
MOTO RUTA 01 VUELTA 25ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	191 KB
MOTO RUTA 02 19ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	118 KB
MOTO RUTA 02 24ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	129 KB
MOTO RUTA 03 17ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	99 KB
MOTO RUTA 03 18ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	96 KB
MOTO RUTA 04 18ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	162 KB
MOTO RUTA 04 19ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	153 KB
MOTO RUTA 05 IDA 18ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	53 KB
MOTO RUTA 05 IDA 19ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	51 KB
MOTO RUTA 05 VUELTA 18ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	227 KB
MOTO RUTA 05 VUELTA 19ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	248 KB
MOTO RUTA 06 16MAY DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	248 KB
MOTO RUTA 06 17MAY DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	245 KB
MOTO RUTA 07 17MAY DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	253 KB
MOTO RUTA 07 22MAY DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	222 KB
MOTO RUTA 08 02MAY DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	181 KB
MOTO RUTA 08 26ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	188 KB
MOTO RUTA 09 25ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	154 KB
MOTO RUTA 09 26ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	117 KB
MOTO RUTA 10 24ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	156 KB
MOTO RUTA 10 25ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	125 KB
MOTO RUTA 11 02MAY DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	139 KB
MOTO RUTA 11 26ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	139 KB

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez ya se tienen los archivos CSV, se procede a convertir los archivos CSV en GPX. Esto se logra con la ayuda de un aplicativo gratuito denominado **CSV_to_GPX_converter**, desarrollado por Benjamin Ziepert de analyse-gps, y descargado de la página web <https://analyse-gps.com/software/csv-gpx-converter/>. Este aplicativo tiene la siguiente la siguiente estructuración para su funcionamiento:

Figura 84. Estructura del aplicativo CSV_to_GPX converter

csv	18/06/2018 6:47 p.	Carpeta de archivos	
gpx	18/06/2018 6:47 p.	Carpeta de archivos	
CSV_to_GPX_converter.exe	03/08/2016 6:50 a.	Aplicación	1,005 KB
readme.txt	03/08/2016 6:49 a.	Archivo TXT	1 KB
settings.ini	18/06/2018 5:56 p.	Opciones de confi...	1 KB

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Este aplicativo tiene dos carpetas: Una donde se le dan los archivos CSV como entrada en la carpeta **csv**, y otra carpeta donde el aplicativo saca la salida, archivos con extensión GPX en la carpeta **gpx**.

La estructura de los archivos CSV (Entrada) debe seguir algunas especificaciones:

- ✓ Tener en su primera fila los nombres de las columnas
- ✓ El tiempo debe ser del tipo yyyy-mm-dd hh:mm:ss (ejemplo: 2018-06-19)
- ✓ Se pueden cambiar los nombres de las columnas en el archivo **settings.ini**
- ✓ Los archivos CSV deben verse como el siguiente ejemplo:

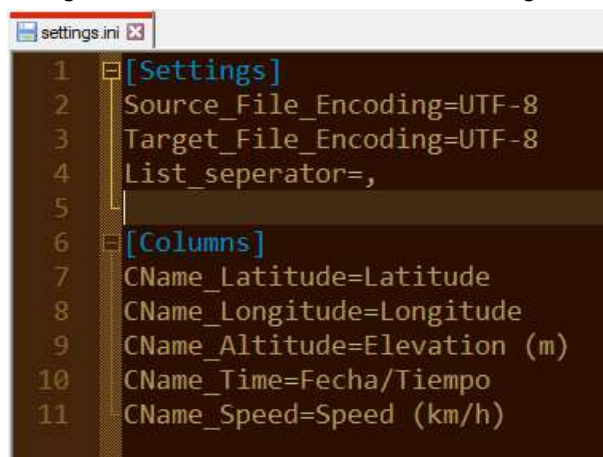
Figura 85. Aspecto archivos CSV de entrada

```
Time;Lat;Lon;Alt;Speed;Direction
2016-06-19 11:28:25;52.31450;4.93580;0;0.00;0
2016-06-19 11:28:38;52.31450;4.93580;0;0.00;0
2016-06-19 11:32:03;52.31450;4.93580;0;0.00;0
```

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Para hacer compatible el aplicativo con el nombre de las columnas que se vienen trabajando desde el archivo Excel, se modifica el archivo **settings.ini** de la siguiente forma:

Figura 86. Modificación del archivo settings.ini




























```
1 [Settings]
2 Source_File_Encoding=UTF-8
3 Target_File_Encoding=UTF-8
4 List_seperator=,
5
6 [Columns]
7 CName_Latitude=Latitude
8 CName_Longitude=Longitude
9 CName_Altitude=Elevation (m)
10 CName_Time=Fecha/Tiempo
11 CName_Speed=Speed (km/h)
```

Fuente: Elaboración Propia, 2018

El funcionamiento del aplicativo, una vez teniendo en cuenta todas estas especificaciones, es:

- ✓ Colocar los archivos CSV entrada en la carpeta **csv**.
- ✓ Ejecutar el aplicativo csv_to_gpx_converter.exe
- ✓ Los archivos salida GPX estarán convertidos en la carpeta **gpx**.

Figura 87. Salida de csv_to_gpx_converter – archivos GPX

<input type="checkbox"/> Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
 MOTO RUTA 01 IDA 25ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	161 KB
 MOTO RUTA 01 VUELTA 24ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	179 KB
 MOTO RUTA 01 VUELTA 25ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	197 KB
 MOTO RUTA 02 19ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	135 KB
 MOTO RUTA 02 24ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	140 KB
 MOTO RUTA 03 17ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	113 KB
 MOTO RUTA 03 18ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	109 KB
 MOTO RUTA 04 18ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	184 KB
 MOTO RUTA 04 19ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	174 KB
 MOTO RUTA 05 IDA 18ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	59 KB
 MOTO RUTA 05 IDA 19ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	53 KB
 MOTO RUTA 05 VUELTA 18ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	243 KB
 MOTO RUTA 05 VUELTA 19ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	266 KB
 MOTO RUTA 06 16MAY DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	270 KB
 MOTO RUTA 06 17MAY DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	265 KB
 MOTO RUTA 07 17MAY DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	274 KB
 MOTO RUTA 07 22MAY DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	241 KB
 MOTO RUTA 08 02MAY DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	196 KB
 MOTO RUTA 08 26ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	203 KB
 MOTO RUTA 09 25ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	168 KB
 MOTO RUTA 09 26ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	127 KB
 MOTO RUTA 10 24ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	171 KB
 MOTO RUTA 10 25ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	136 KB
 MOTO RUTA 11 02MAY DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	151 KB
 MOTO RUTA 11 26ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	152 KB

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Ya en estas instancias, se siguen todos los pasos relacionados en la descripción de la rutina Python, previamente en este documento, para la asignación de la Velocidad de Marcha a cada uno de los arcos de la red vial en el Shape de Vías.

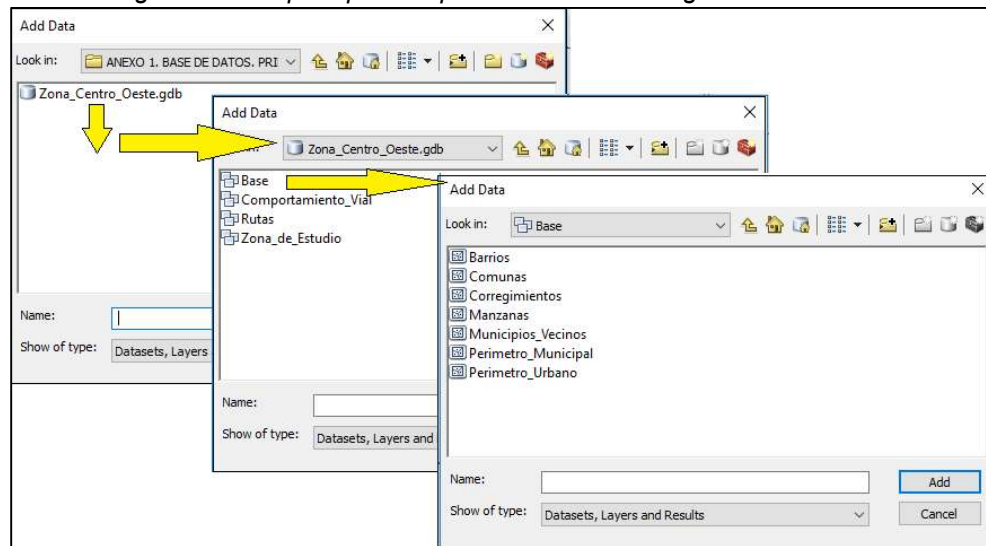
7.5 GENERACIÓN DE BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

Teniendo en cuenta la cantidad de elementos a procesar y el volumen de datos levantados en campo se decidió generar una Base de Datos Geográfica (GDB), la cual a su vez permitió realizar una adecuada representación cartográfica de los datos obtenidos en campo y procesados que dieron como resultado Velocidades Promedio de Recorrido, Niveles de Servicio y Velocidades de Marcha por arcos y por rutas diseñadas en la zona Centro-Oeste. Para este análisis se utilizó el software es **ArcGis 10.5**.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

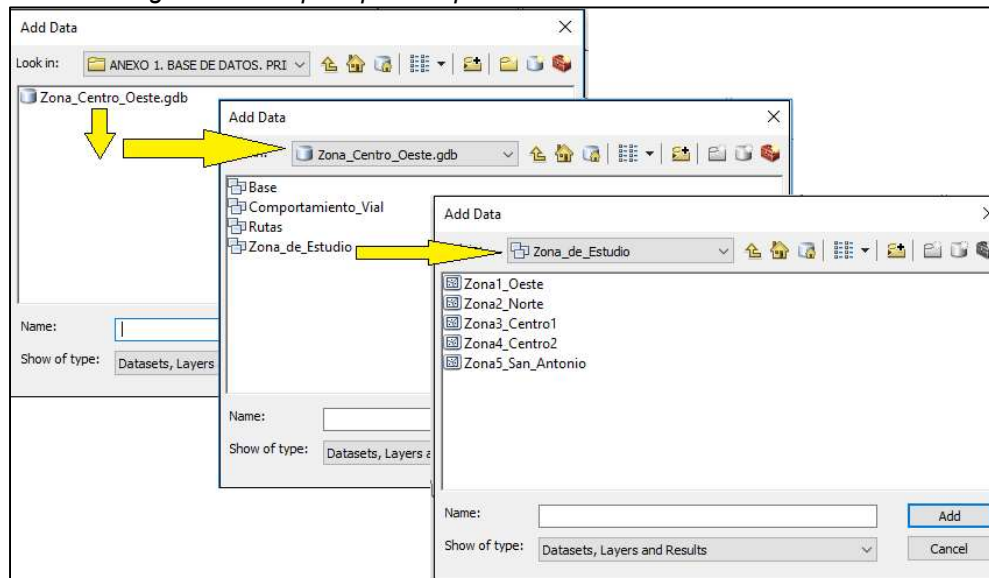
Para la creación de nuestra base de datos geográfica llamada **Zona_Centro_Oeste.gdb**, es necesario llamar a toda la cartografía base, la cual está compuesta por una subclasificación, que se opta para mejor orden de la misma **GDB** como es: Base, Comportamiento_Vial, Rutas y la Zona_de_estudio; en la siguiente imagen se muestra los shapes que contiene la **Base cartográfica, Rutas, Zona_de_Estudio** y el **Comportamiento_Vial**:

Figura 88. Shapes que componen la Base Cartográfica de la GDB



Fuente: Elaboración Propia, 2018

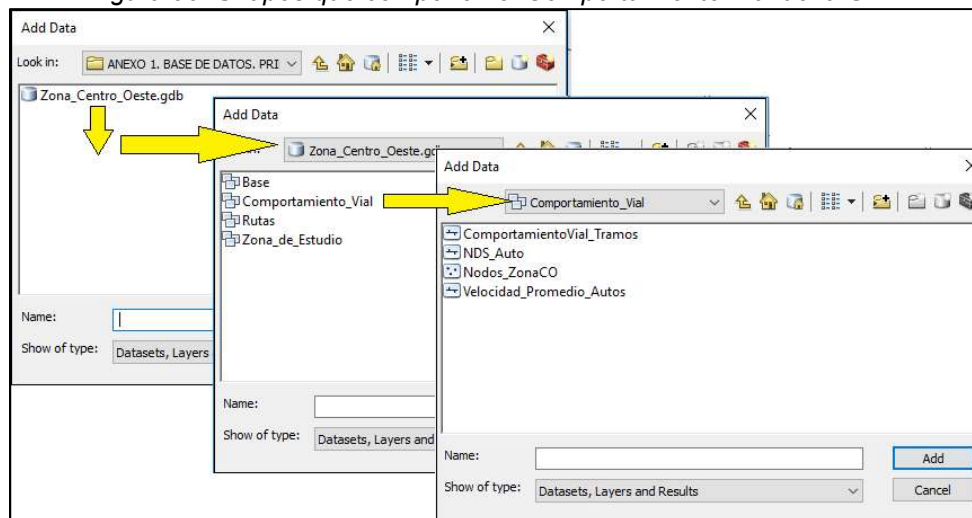
Figura 89. Shapes que componen la Zona de estudio de la GDB



Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

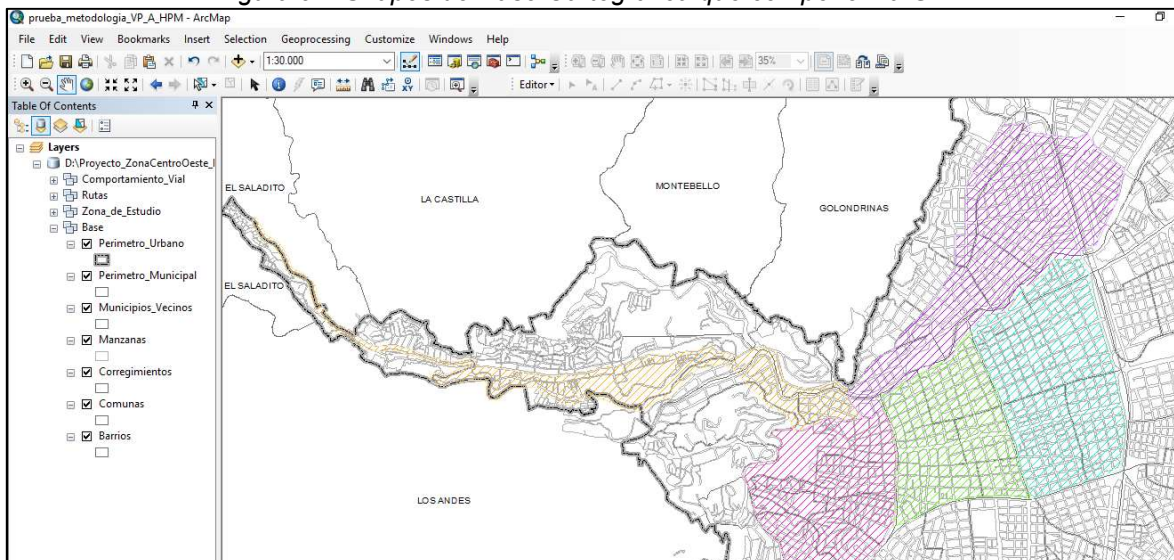
Figura 90. Shapes que componen el Comportamiento Vial de la GDB



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Seguido a esto, se muestra toda la base del proyecto, para su visualización:

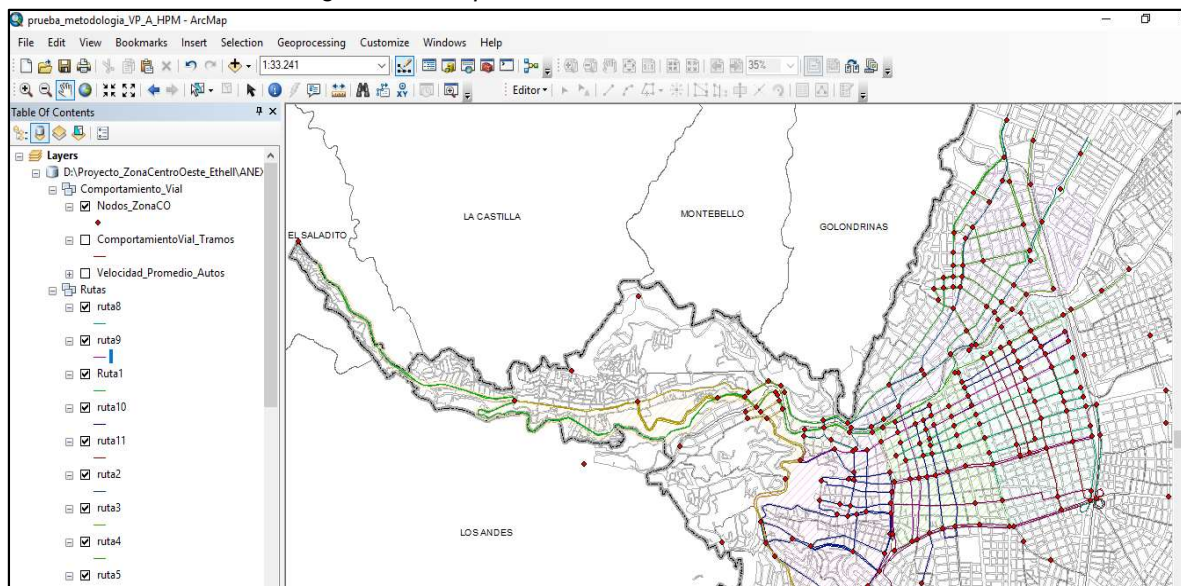
Figura 91. Shapes de Base Cartográfica que componen la GDB



También, se muestran los Shapes de Nodos y de Comportamiento Vial, también presentes en la GDB:

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Figura 92. Shape de Nodos, Zona Centro – Oeste



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Para crear este shape se tuvo en cuenta todos los recorridos ejecutados con el fin que cuando se ejecutaran las rutinas de **Python** cada tramo entre nodos tuviera su velocidad promedio de recorrido, además de su velocidad de marcha.

Figura 93. Tabla de Atributos Shape de Nodos, Zona Centro - Oeste

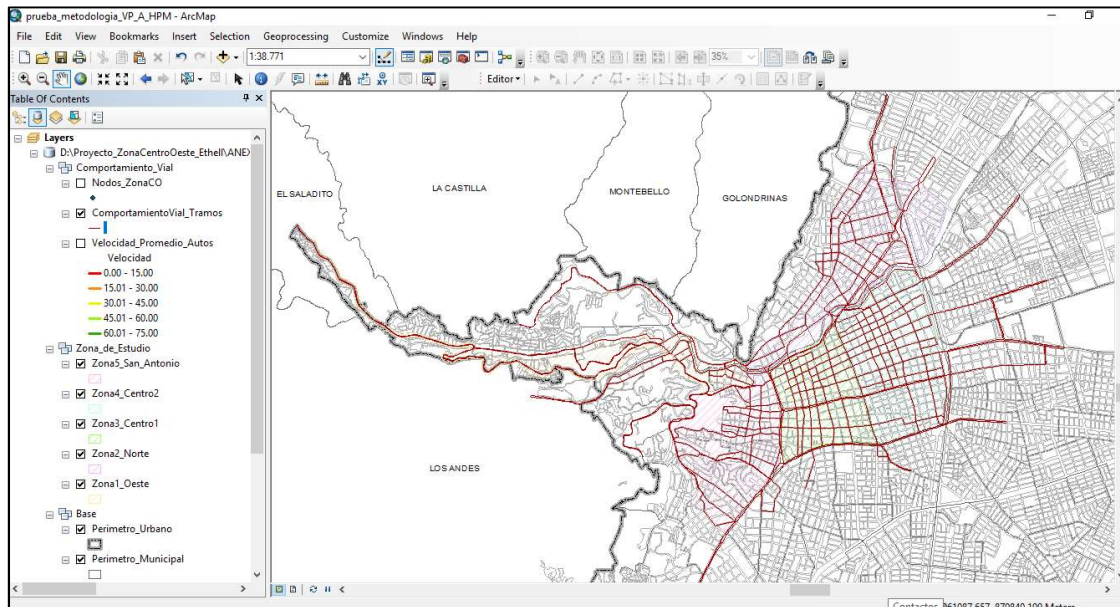
FID *	Shape *	Nombre	POINT X	POINT Y
1	Point	CALLE 44 - CARRERA 8	1063600,4358	873626,1934
2	Point	CALLE 13 - CARRERA 15	1060998,7596	872455,3258
3	Point	CALLE 25 - CARRERA 1	1061837,2027	874439,6291
4	Point	CALLE 25 - CARRERA 8	1062066,3624	873577,9001
5	Point	CALLE 44 N - AVENIDA 6	1061429,6914	876738,9714
6	Point	CALLE 15 N - AVENIDA 3	1060706,362	874065,7383
7	Point	AVENIDA 4 - AVENIDA 1	1059677,3411	873415,9231
8	Point	AVENIDA 2 - AVENIDA 3	1060924,5548	874149,2976
9	Point	CALLE 15 - CARRERA 8	1061050,56046	873274,784293
10	Point	CALLE 15 - CARRERA 15	1061300,2749	872441,8036
11	Point	CALLE 5 - CARRERA 15	1060149,7579	872208,7689
12	Point	CALLE 9 - CARRERA 15	1060499,1404	872379,905
13	Point	CALLE 5 - CARRERA 50	1058820,0558	869456,6157
14	Point	CALLE 25 - CARRERA 5	1061931,6649	874030,7873
15	Point	CALLE 15 - CARRERA 5	1060925,63752	873582,256123
16	Point	CALLE 34 - CARRERA 5	1062705,3813	874241,2982
17	Point	CALLE 13 - CARRERA 10	1060860,8974	873010,8139
18	Point	CALLE 25 - CARRERA 10	1062126,2389	873296,3409
19	Point	CALLE 15 - CARRERA 10	1061133,0128	873033,7279
20	Point	CALLE 5 - CARRERA 10	1060143,6166	872867,6123
21	Point	CALLE 9 - CARRERA 10	1060475,7559	872911,373
22	Point	CALLE 33A - CARRERA 15	1062888,7974	872719,2115
23	Point	CALLE 34 - CARRERA 1	1062499,3773	874865,9709
24	Point	CALLE 34 - CARRERA 8	1062864,2572	873723,5309
25	Point	CALLE 34 N - AVENIDA 3	1061807,2896	875628,8122
26	Point	CALLE 18 N - AVENIDA 6	1060736,5449	874501,6206

Fuente: Elaboración Propia, 2018

*ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS*

Posteriormente se creó un shape de Comportamiento vial, en el cual solo se tuvo en cuenta las vías primarias, secundarias, colectoras y demás por donde pasaron los recorridos. Este Shape fue creado entre los nodos mostrados anteriormente y se alimentó con información como nombre, de donde ab, hasta donde ba, coordenadas X – Y (Este – Norte) de inicio y fin del arco, longitud y la columna más importante creada para enlazar la información resultante de las rutinas **Python**: la columna **Tramos** que tiene la información del nodo de inicio y nodo de fin de acuerdo con el sentido de la vía.

Figura 94. Shape de Comportamiento Vial, Zona Centro - Oeste



Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Figura 95. Tabla de Atributos Shape de Comportamiento Vial, Zona Centro - Oeste

FID	Shape	Nombre	Desde AB	Hasta BA	Tramo	LENGTH	START_X	START_Y	END_X	END_Y	Shape_Length
1	Polyline	CALLE 5	CARRERA 44	CARRERA 39	CALLE 5 - CARRERA 44 con CALLE 5 - CARRERA 39	0.538661	1058624.7538	869946.1038	1059004.906	870433.9989	0.004849
2	Polyline	CALLE 5	CARRERA 39	CARRERA 44	CALLE 5 - CARRERA 39 con CALLE 5 - CARRERA 44	0.531407	1059004.906	870433.9989	1058624.7538	869946.1038	0.004801
3	Polyline	CALLE 5	CARRERA 44	CARRERA 50	CALLE 5 - CARRERA 44 con CALLE 5 - CARRERA 50	0.507456	1058624.7538	869946.1038	1058220.0657	869446.8192	0.004587
4	Polyline	CALLE 5	CARRERA 50	CARRERA 44	CALLE 5 - CARRERA 50 con CALLE 5 - CARRERA 44	0.505008	1058220.0657	869446.8192	1058624.7538	869946.1038	0.004565
5	Polyline	AVENIDA 4	CALLE 34 N	CALLE 30 N	CALLE 34 N - AVENIDA 4 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	0.433494	1061507.7368	875870.7189	1061628.9432	875316.2223	0.003815
6	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 30 N	CALLE 34 N	CALLE 30 N - AVENIDA 3 con CALLE 34 N - AVENIDA 3	0.375491	1061807.2890	875628.8096	1061628.9432	875316.22	0.00339
7	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 30 N	CALLE 34 N	CALLE 30 N - AVENIDA 3 con CALLE 34 N - AVENIDA 3	0.39098	1061628.9432	875316.22	1061807.2890	875628.8096	0.00353
8	Polyline	CARRERA 1	CALLE 34	CALLE 44	CALLE 34 - CARRERA 1 con CALLE 44 - CARRERA 1	0.872799	1062499.3773	874895.9689	1063046.5467	875505.0696	0.007870
9	Polyline	CARRERA 5	CALLE 44	CALLE 34	CALLE 44 - CARRERA 5 con CALLE 34 - CARRERA 5	0.719242	1063385.2111	874455.7845	1062705.3813	874241.2982	0.006475
10	Polyline	CARRERA 8	CALLE 21	CALLE 15	CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 15 - CARRERA 8	0.591967	1061613.1742	873458.8745	1061050.56046	873274.784293	0.005329
11	Polyline	CARRERA 8	CALLE 21	CALLE 15	CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 15 - CARRERA 8	0.591967	1061613.1742	873458.8745	1061050.56046	873274.784293	0.005329
12	Polyline	CARRERA 15	CALLE 15	CALLE 13	CALLE 15 - CARRERA 15 con CALLE 13 - CARRERA 15	0.203035	1061300.2749	872441.8035	1060996.7596	872455.3257	0.002781
13	Polyline	CARRERA 1	CALLE 5	CALLE 15 N	CALLE 5 - CARRERA 1 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	1.089089	1060028.9753	873375.0192	1060028.9753	873375.0192	0.00682
14	Polyline	CALLE 5	CARRERA 4	CARRERA 1	CALLE 5 - CARRERA 4 con CALLE 5 - CARRERA 1	0.151815	1060012.3082	873241.9478	1060028.9753	873375.0192	0.001371
15	Polyline	CALLE 5	AVENIDA 1	CARRERA 4	CALLE 5 - AVENIDA 1 con CALLE 5 - CARRERA 4	0.247173	1060038.8012	873449.1184	1060012.3082	873241.9478	0.002232
16	Polyline	CARRERA 15	CALLE 13	CALLE 15	CALLE 13 - CARRERA 15 con CALLE 15 - CARRERA 15	0.315385	1060996.7596	872455.3257	1061300.2749	872441.8035	0.002839
17	Polyline	CARRERA 8	CALLE 15	CALLE 13	CALLE 15 - CARRERA 8 con CALLE 13 - CARRERA 8	0.280546	1061050.56046	873274.784293	1060802.4958	873195.3099	0.002345
18	Polyline	AVENIDA 6	CALLE 18 N	CALLE 21 N	CALLE 18 N - AVENIDA 6 con CALLE 21 N - AVENIDA 6	0.214039	1060736.5449	874501.6206	1060808.0247	874703.4096	0.001934
19	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 18 N	CALLE 21 N	AVENIDA 2 - AVENIDA 3 con CALLE 21 N - AVENIDA 3	0.394104	1060924.5548	874149.2981	1061153.1123	874460.0078	0.003557
20	Polyline	AVENIDA 1	AVENIDA 3	CALLE 15 N	AVENIDA 2 - AVENIDA 3 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	0.245981	1060924.5548	874149.2981	1060736.5449	874085.3383	0.002216
21	Polyline	CARRERA 8	CALLE 25	CALLE 34	CALLE 34 - CARRERA 8 con CALLE 34 - CARRERA 8	0.711599	1062165.3212	873593.2843	1062894.2572	873723.5296	0.00644
22	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 21 N	CALLE 18 N	CALLE 21 N - AVENIDA 3 con AVENIDA 2 - AVENIDA 3	0.39599	1061153.1123	874460.0078	1060924.5548	874149.2981	0.003573
23	Polyline	CARRERA 15	CALLE 16	CALLE 21	CALLE 16 - CARRERA 15 con CALLE 21 - CARRERA 15	0.511513	1061347.4121	872444.8283	1061820.2054	872596.0523	0.004805
24	Polyline	CARRERA 15	CALLE 21	CALLE 16	CALLE 21 - CARRERA 15 con CALLE 16 - CARRERA 15	0.502319	1061588.9385	872825.5227	1061588.473	872525.9739	0.004522
25	Polyline	CARRERA 1	CALLE 44	CALLE 34	CALLE 44 - CARRERA 1 con CALLE 34 - CARRERA 1	0.855911	1063046.5467	875905.0696	1062499.3773	874895.9689	0.007723
26	Polyline	CARRERA 5	CALLE 34	CALLE 44	CALLE 34 - CARRERA 5 con CALLE 44 - CARRERA 5	0.715512	1062705.3813	874241.2982	1063385.2111	874455.7845	0.006441
27	Polyline	CALLE 34	CARRERA 5	CARRERA 8	CALLE 34 - CARRERA 5 con CALLE 34 - CARRERA 8	0.548091	1062705.3813	874241.2982	1062894.2572	873723.5296	0.004935
28	Polyline	CARRERA 5	CALLE 15	CALLE 21	CALLE 15 - CARRERA 5 con CALLE 21 - CARRERA 5	0.583939	1060925.63752	873582.256123	1061455.95483	873825.65234	0.005259
29	Polyline	CARRERA 10	CALLE 15	CALLE 13	CALLE 15 - CARRERA 10 con CALLE 13 - CARRERA 10	0.276148	1061133.0128	873033.7272	1060860.8974	873010.8132	0.002485
30	Polyline	CARRERA 10	CALLE 15	CALLE 13	CALLE 15 - CARRERA 10 con CALLE 13 - CARRERA 10	0.275707	1060860.8974	873010.8132	1061133.0128	873033.7272	0.002481
31	Polyline	CALLE 21 N	AVENIDA 6	AVENIDA 4	CALLE 21 N - AVENIDA 6 con CALLE 21 N - AVENIDA 4	0.252226	1060808.0247	874703.4096	1061096.135	874520.3916	0.002386
32	Polyline	CALLE 18 N	AVENIDA 4	AVENIDA 6	CALLE 18 N - AVENIDA 4 con CALLE 18 N - AVENIDA 6	0.251013	1060870.3543	874289.3755	1060736.5449	874501.6206	0.002287
33	Polyline	AVENIDA 4	CALLE 18 N	CALLE 21 N	CALLE 18 N - AVENIDA 4 con CALLE 21 N - AVENIDA 4	0.311199	1061096.135	874520.3916	1060870.3543	874289.3755	0.002808

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Las figuras correspondientes a las salidas cartográficas se muestran en el apartado de Análisis y discusión de Resultados en el presente documento.

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se reflejan las Velocidades de Recorrido de acuerdo con las Rutas diseñadas para la realización del estudio. Estas fluctúan **entre 21,47 km/h (observado en el recorrido 10) y 34,61 km/h (observado en el recorrido 03)**. Esto nos indica una gran deficiencia en los corredores viales seleccionados en la zona de estudio.

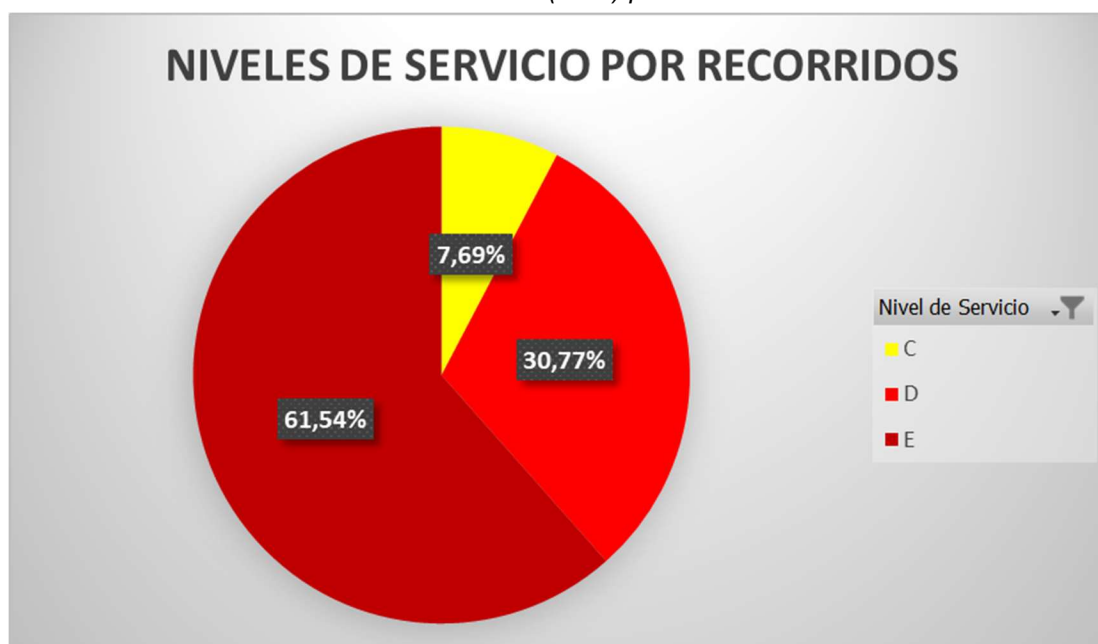
Tabla 21. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado

Velocidad Recorrido		DIA		Total general	Nivel de Servicio
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2		
MOTO	01 IDA	31,28 km/h	31,39 km/h	31,33 km/h	D
MOTO	01 VUELTA	28,53 km/h	25,31 km/h	26,83 km/h	D
MOTO	02	30,24 km/h	29,10 km/h	29,65 km/h	D
MOTO	03	34,36 km/h	34,85 km/h	34,61 km/h	C
MOTO	04	23,89 km/h	24,95 km/h	24,41 km/h	E
MOTO	05 IDA	21,06 km/h	23,93 km/h	22,35 km/h	E
MOTO	05 VUELTA	25,78 km/h	23,35 km/h	24,51 km/h	E
MOTO	06	23,51 km/h	23,61 km/h	23,56 km/h	E
MOTO	07	25,14 km/h	29,09 km/h	26,97 km/h	D
MOTO	08	25,17 km/h	23,84 km/h	24,50 km/h	E
MOTO	09	19,90 km/h	27,62 km/h	23,16 km/h	E
MOTO	10	19,31 km/h	24,26 km/h	21,47 km/h	E
MOTO	11	23,89 km/h	22,70 km/h	23,29 km/h	E
Total general		25,28 km/h	26,08 km/h	25,67 km/h	E

Fuente: Elaboración Propia, 2018

A su vez, se reflejan los Niveles de Servicio asociados a cada tramo. **Esto, en un 61.54%, corresponden al Nivel de Servicio E**, que representa la mayoría encontrada en los recorridos diseñados.

Gráfico 1. Niveles de Servicio (NDS) por Recorridos Diseñados



Fuente: Elaboración Propia, 2018

De forma similar, la siguiente tabla (Tabla 22) refleja las Velocidades de Marcha de acuerdo con las Rutas diseñadas para la realización del estudio. Estas fluctúan **entre 23,34 km/h (observado en el recorrido 10) y 35,73 km/h (observado en el recorrido 03)**. Esto nos indica una gran deficiencia en los corredores viales seleccionados en la zona de estudio. Estas, aunque son mayores a las Velocidades de Recorrido, no representan una gran diferencia con respecto a las anteriores.

Tabla 22. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada

Velocidad Marcha		DIA		
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2	Total general
MOTO	01 IDA	32,34 km/h	32,12 km/h	32,23 km/h
MOTO	01 VUELTA	29,59 km/h	26,69 km/h	28,07 km/h
MOTO	02	31,19 km/h	30,39 km/h	30,78 km/h
MOTO	03	35,08 km/h	36,40 km/h	35,73 km/h
MOTO	04	25,71 km/h	27,04 km/h	26,35 km/h
MOTO	05 IDA	23,68 km/h	24,67 km/h	24,15 km/h
MOTO	05 VUELTA	26,71 km/h	24,32 km/h	25,46 km/h
MOTO	06	24,27 km/h	24,44 km/h	24,35 km/h
MOTO	07	26,71 km/h	30,54 km/h	28,50 km/h
MOTO	08	26,87 km/h	26,51 km/h	26,69 km/h
MOTO	09	21,65 km/h	29,18 km/h	24,89 km/h
MOTO	10	21,12 km/h	26,14 km/h	23,34 km/h
MOTO	11	25,33 km/h	24,93 km/h	25,13 km/h
Total general		26,69 km/h	27,60 km/h	27,14 km/h

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En los gráficos mostrados a continuación, se presenta una relación visual entre la **Velocidad de Recorrido (Área en Azul) y la Velocidad de Marcha (Línea en Naranja)**. Las distancias por Recorrido están agrupadas a lo largo del trayecto por cada 200 m. hasta cumplir su longitud.

Los huecos observados entre las gráficas representan las diferencias entre las Velocidades, las cuales varían por cada recorrido diseñado dependiendo de las detenciones presentadas. Se recuerda que la Velocidad de Marcha está representada por la Velocidad calculada del Vehículo despreciando los tiempos en donde estuvo detenido el vehículo. Las variaciones en velocidad van **hasta 7,53 km/h**, haciéndose más notorio en algunos recorridos diseñados más que en otros.

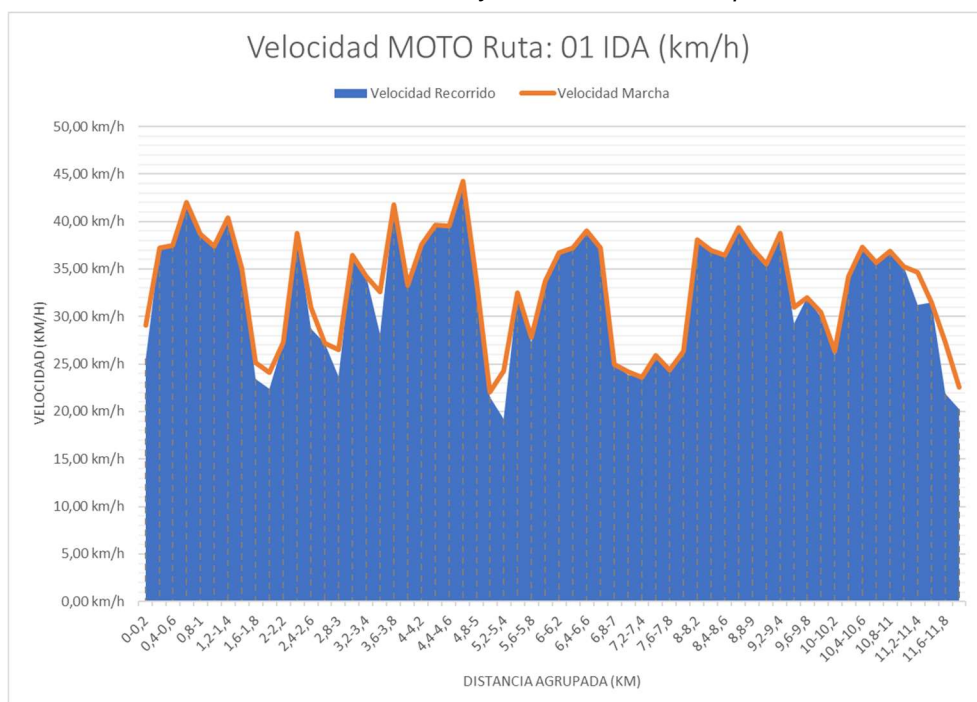
Tabla 23. Variación Máxima entre Velocidad de Recorrido y Velocidad de Marcha por Recorrido

Recorrido	Variación Máxima
01 IDA	5,41 km/h
01 VUELTA	5,91 km/h
02	5,90 km/h
03	5,83 km/h
04	4,59 km/h
05 IDA	4,84 km/h
05 VUELTA	3,63 km/h
06	3,09 km/h
07	5,02 km/h
08	7,53 km/h
09	4,22 km/h
10	5,70 km/h
11	6,57 km/h

Fuente: Elaboración Propia, 2018

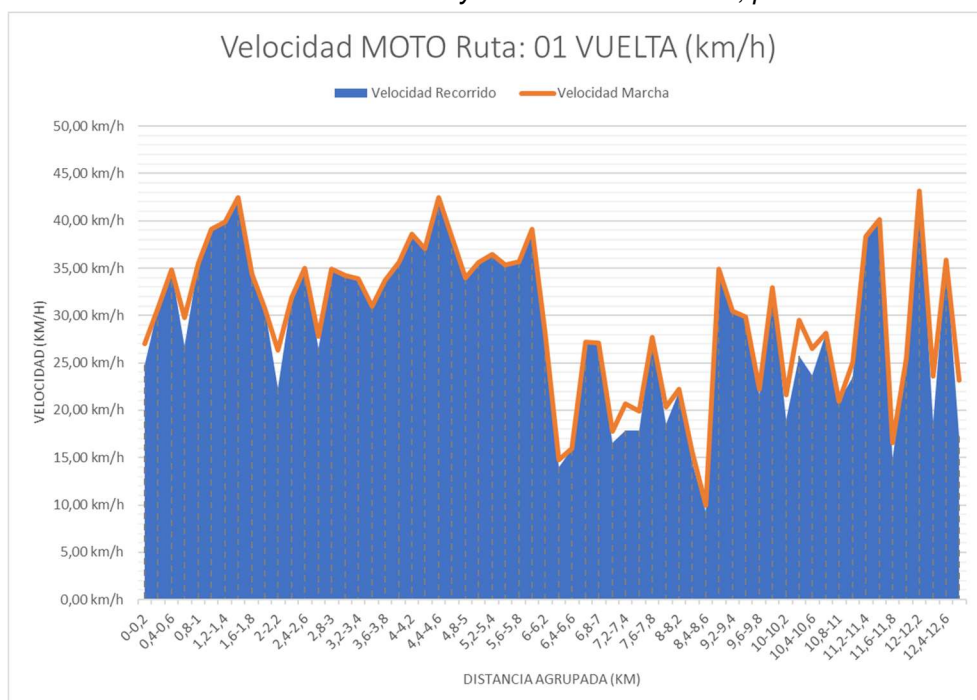
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Gráfico 2. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 1 Ida, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

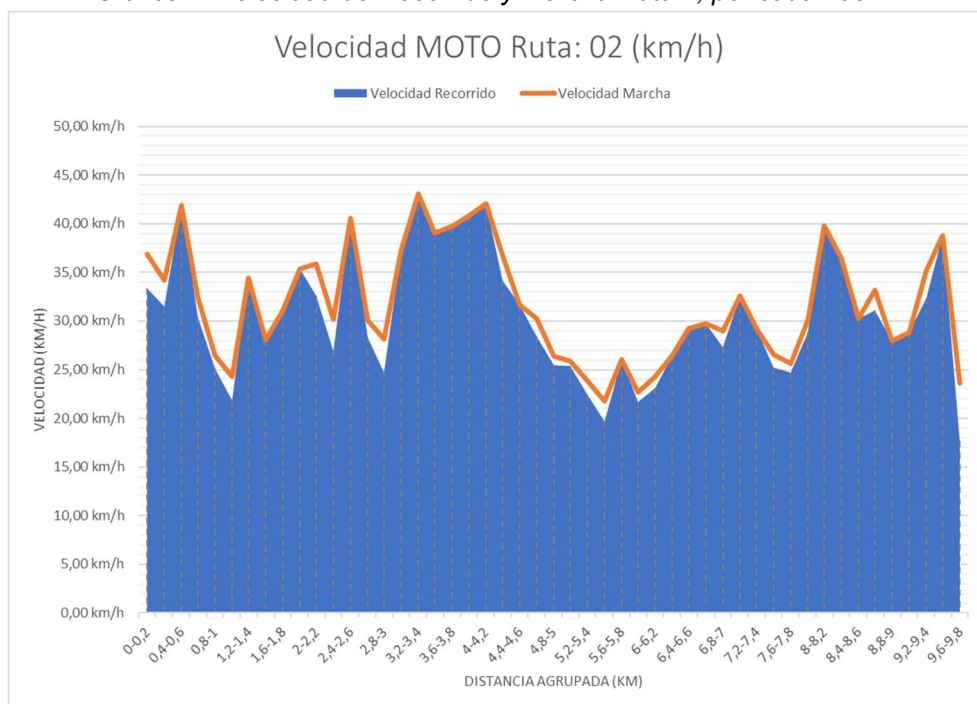
Gráfico 3. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 1 Vuelta, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

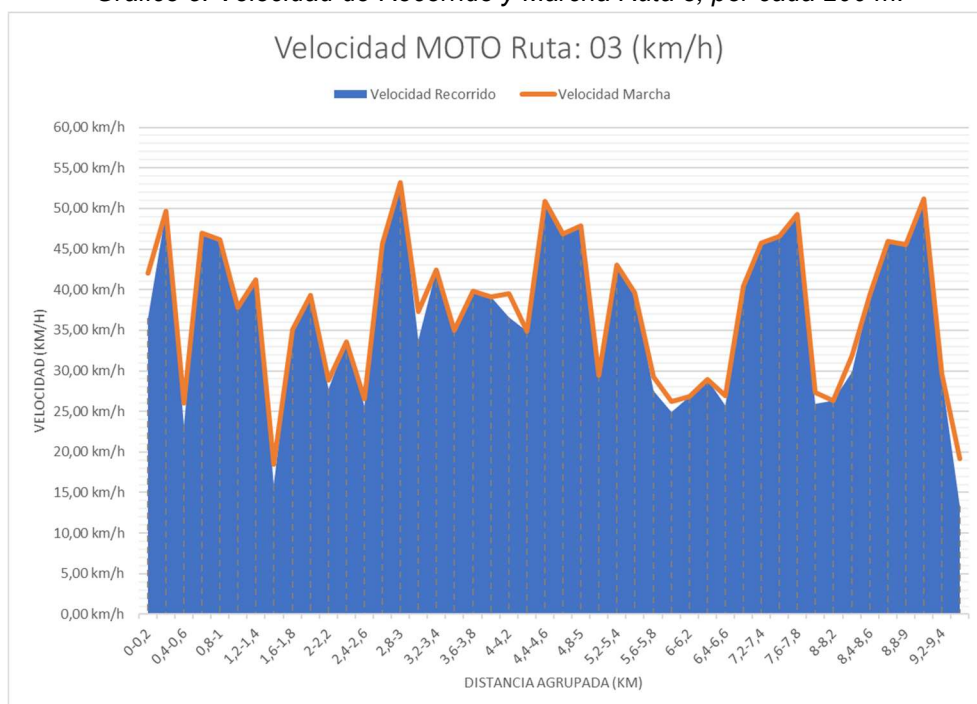
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Gráfico 4. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 2, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

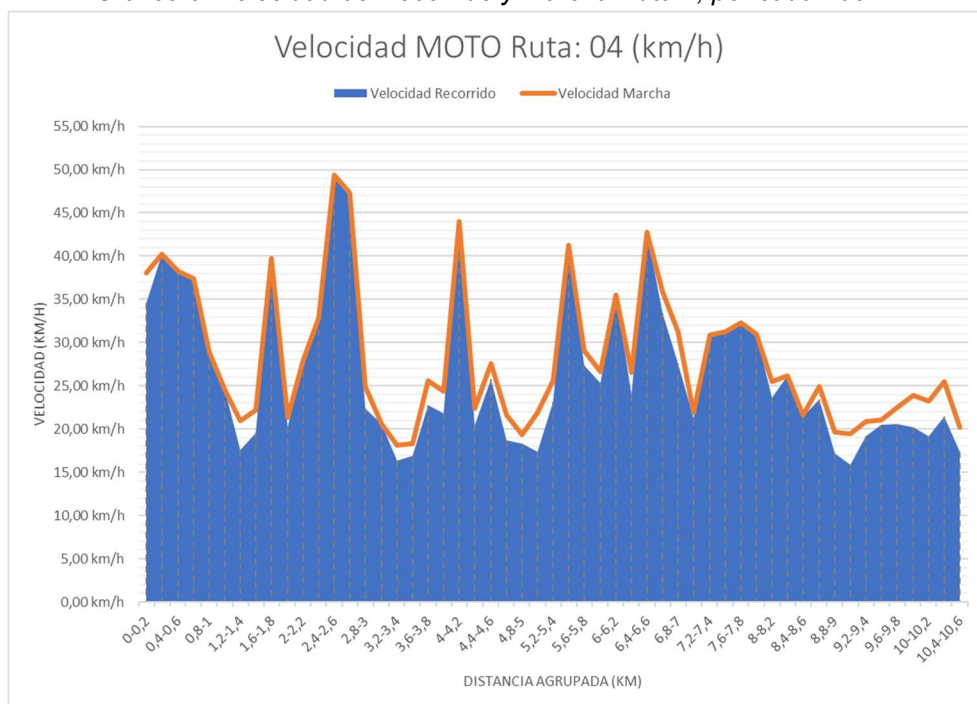
Gráfico 5. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 3, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

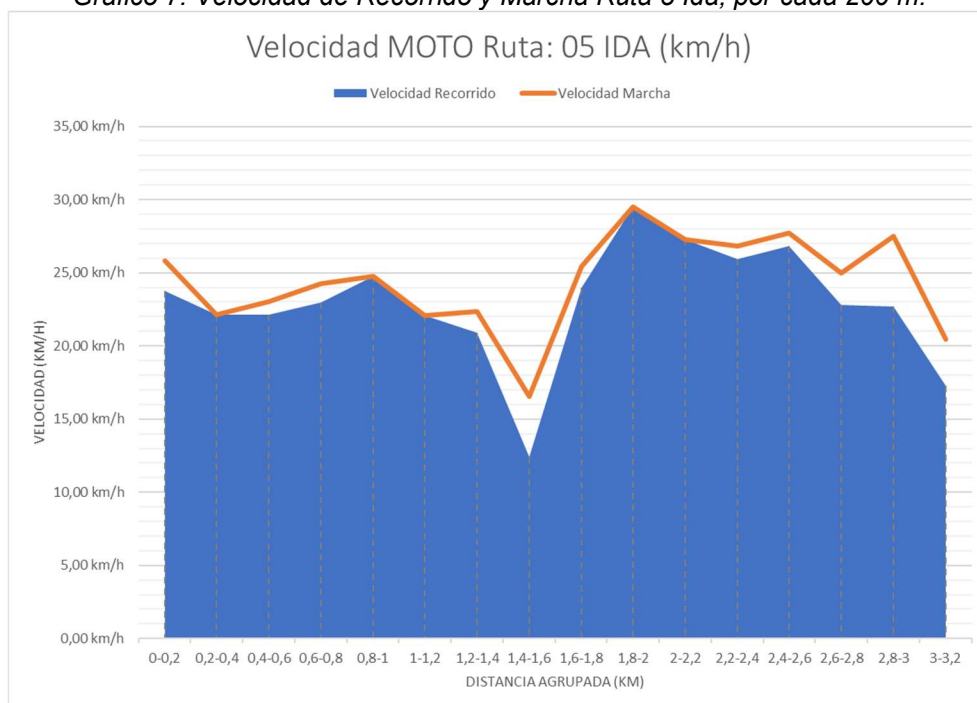
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Gráfico 6. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 4, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

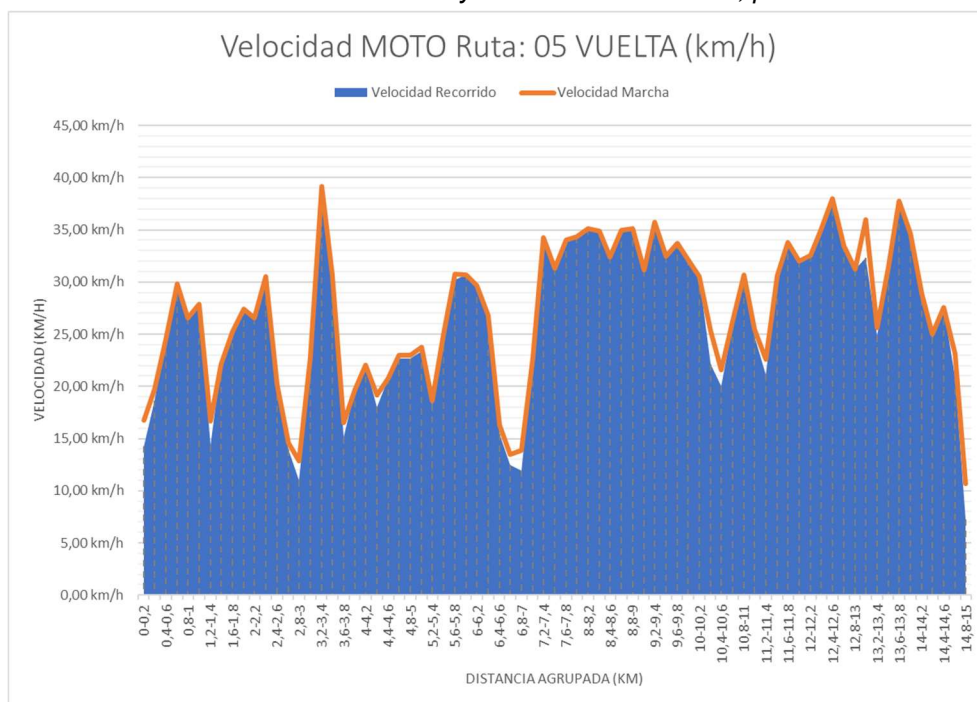
Gráfico 7. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 5 Ida, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

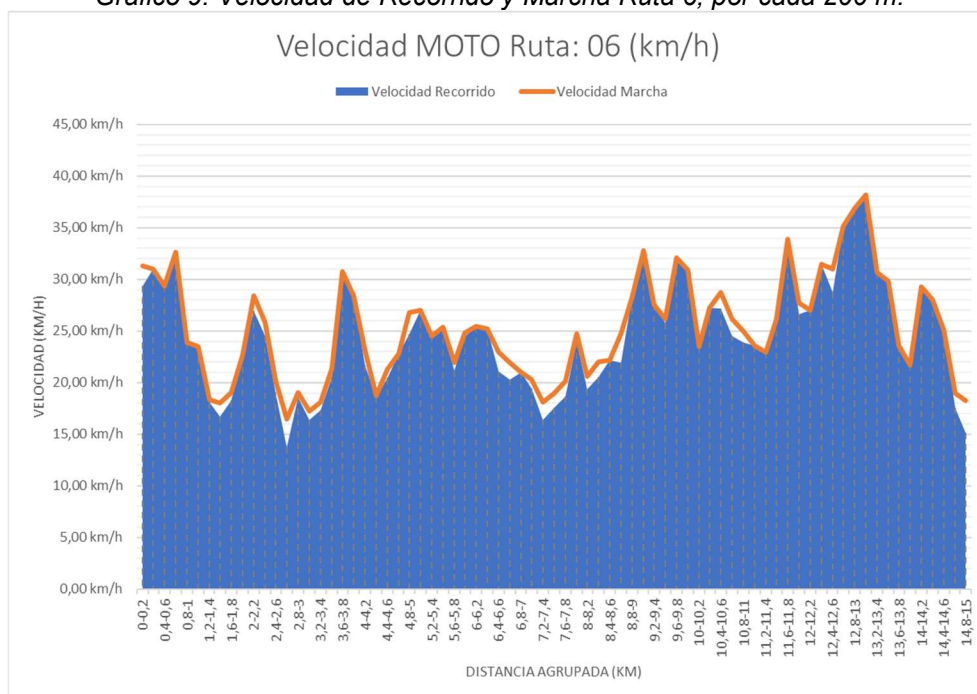
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Gráfico 8. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 5 Vuelta, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

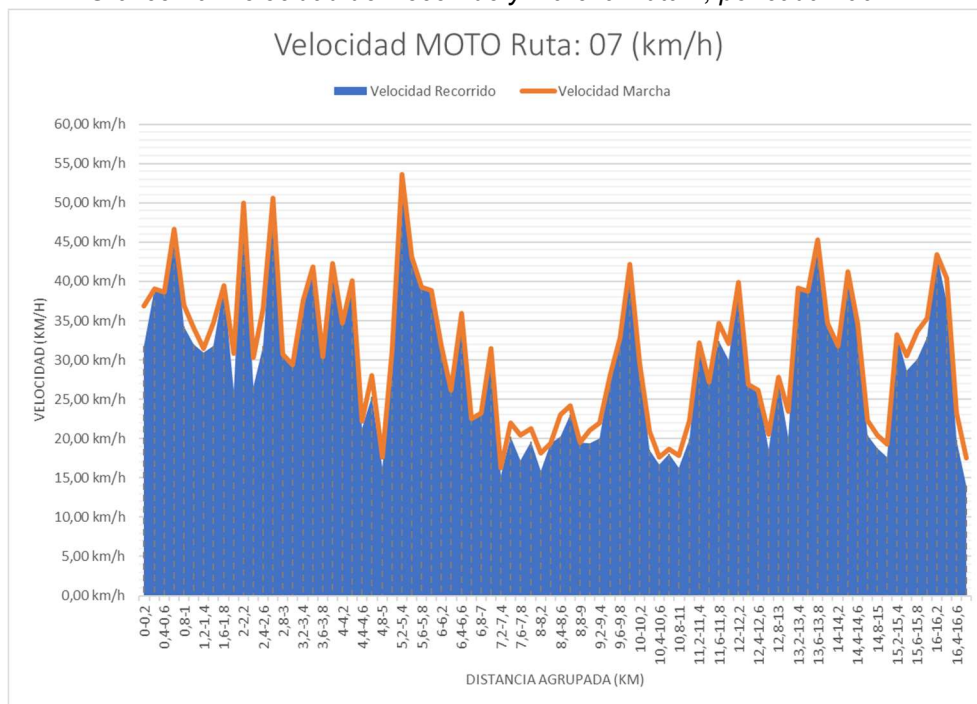
Gráfico 9. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 6, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

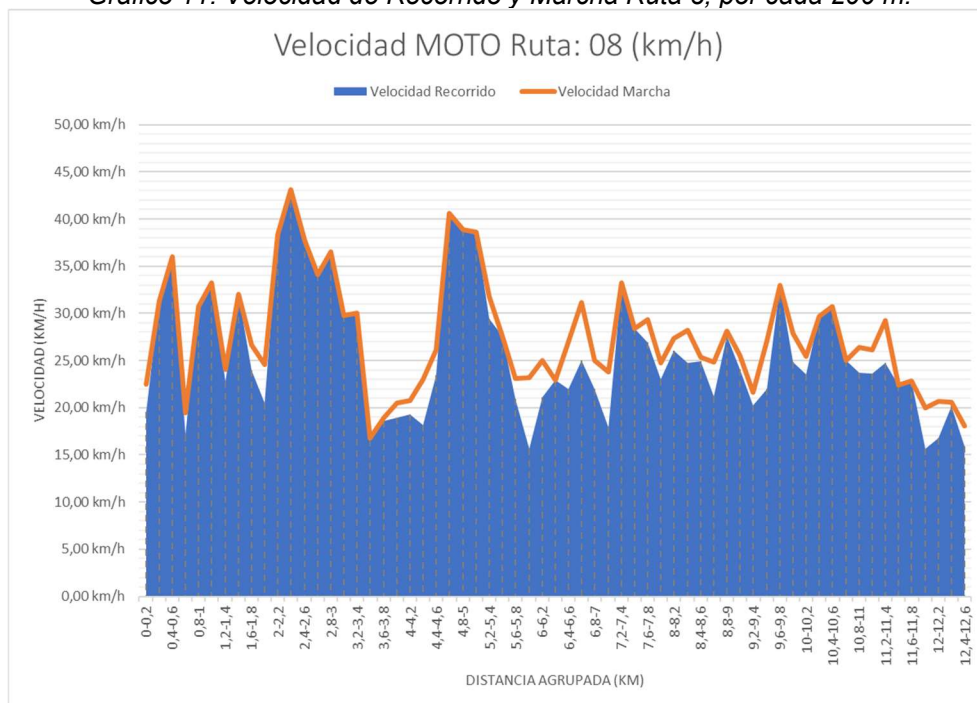
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Gráfico 10. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 7, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

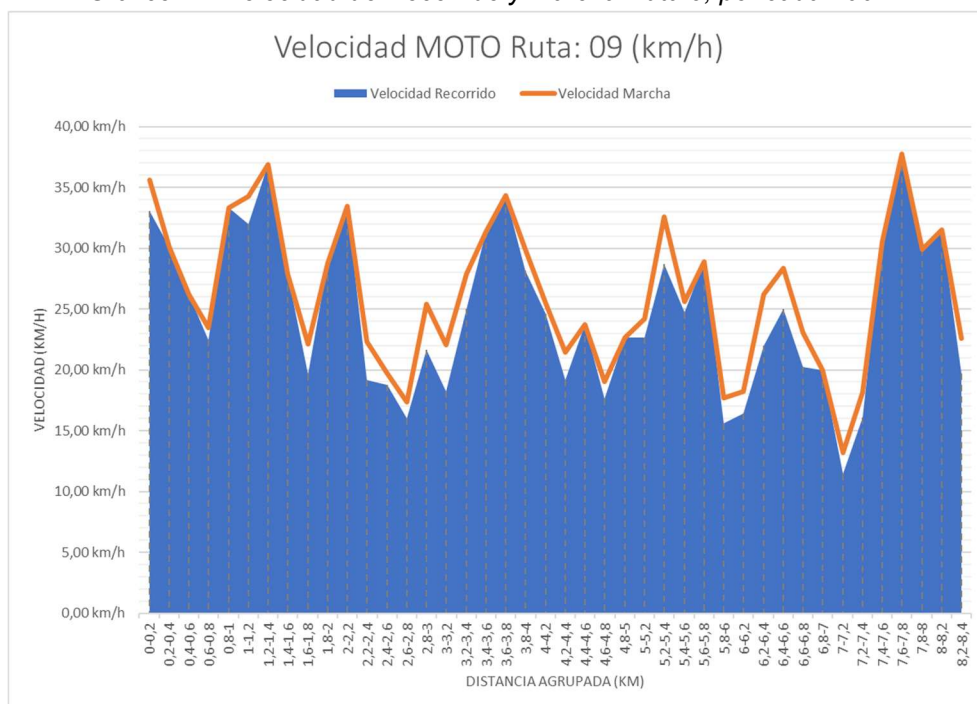
Gráfico 11. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 8, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

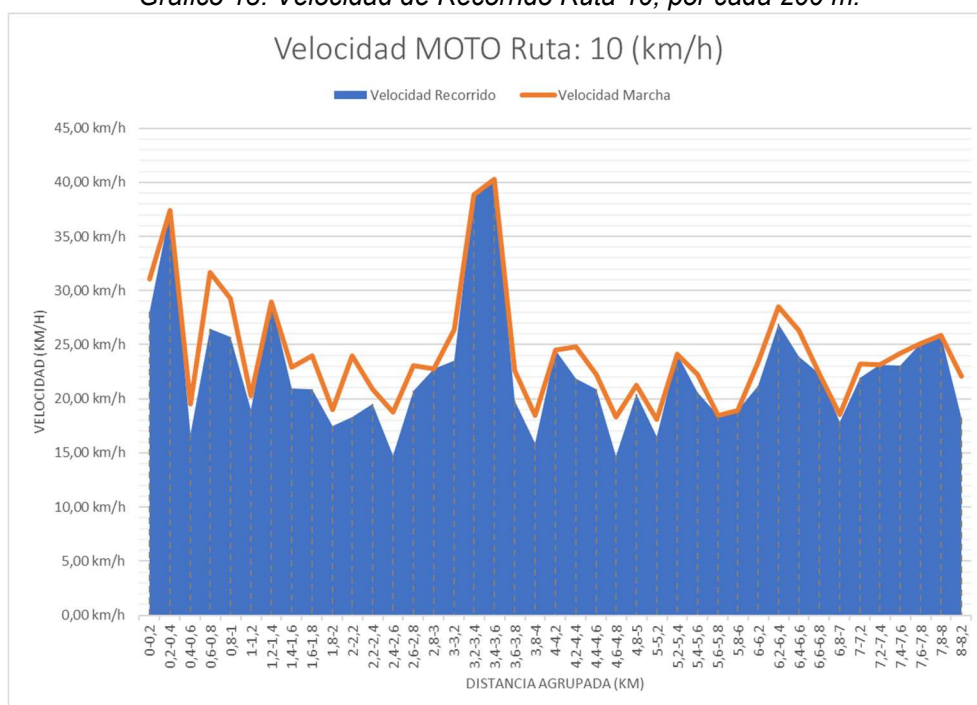
**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Gráfico 12. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 9, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

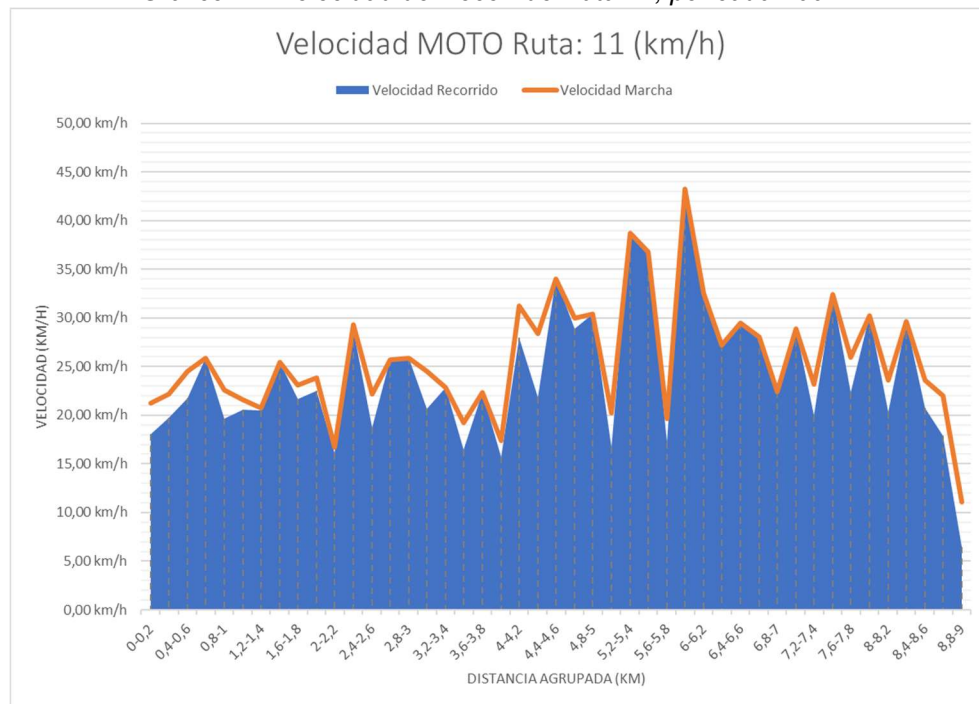
Gráfico 13. Velocidad de Recorrido Ruta 10, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

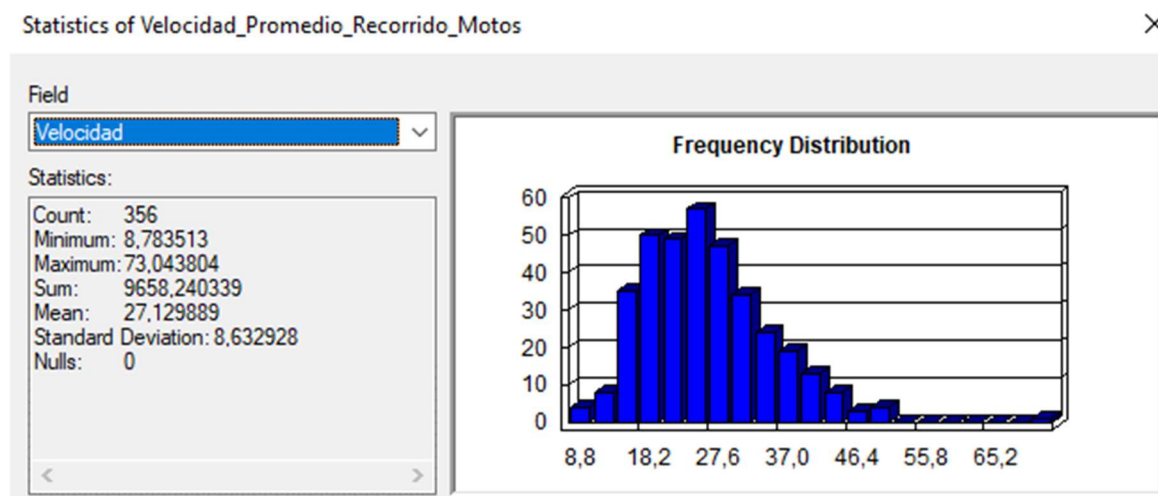
Gráfico 14. Velocidad de Recorrido Ruta 11, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Seguido a esto, se muestran algunas estadísticas relacionadas con la media (medida de tendencia central), y medidas de dispersión como la desviación estándar, con respecto a la Velocidad Promedio de Recorrido como de la Velocidad de Marcha.

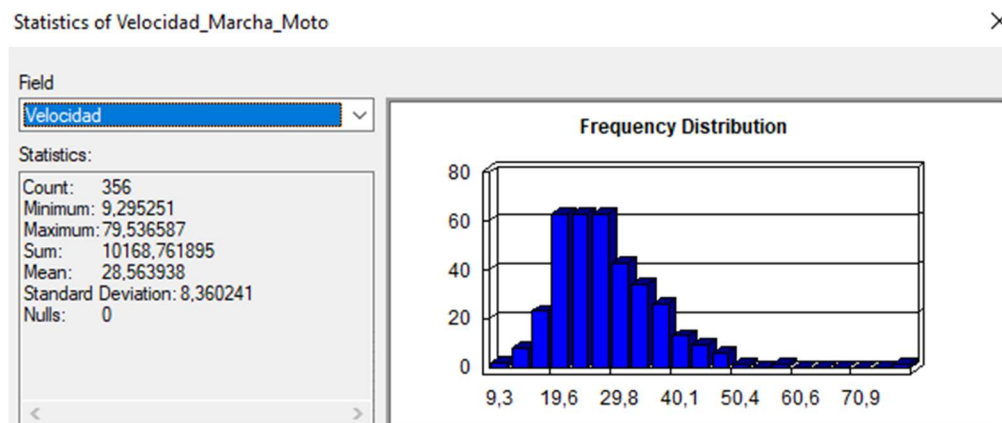
Gráfico 15. Estadística Generada para la Velocidad Promedio de Recorrido modo Motos



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS**

Gráfico 16. Estadística Generada para la Velocidad de Marcha modo Motos



Fuente: Elaboración Propia, 2018

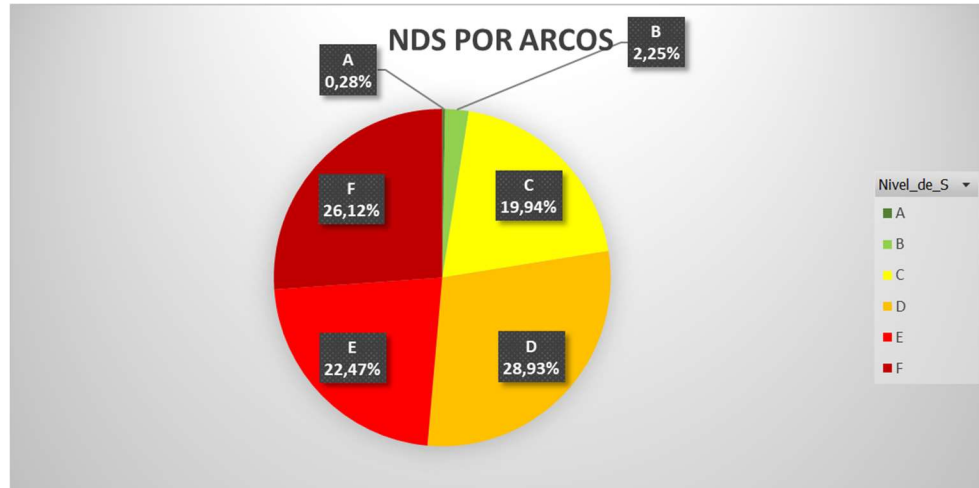
Tabla 24. Estadísticas para la Velocidad de Recorrido modo Motos

Medidas de Tendencia Central	
Media	27,130
Mediana	26,349
Medidas de Dispersión	
Desviación Estándar	8,633
Varianza	74,527
Máximo	73,044
Mínimo	8,784
Rango	64,260
Coeficiente de Variación	31,82%
Medidas de Asimetría	
Curtosis	1,807 Leptocúrtica
Nivel_de_S	Cuenta de Nivel_de_S
A	1
B	8
C	71
D	103
E	80
F	93
Total general	356

Fuente: Elaboración Propia, 2018

El coeficiente Curtosis calculado (distribución Leptocúrtica o puntiaguda) dio positivo, lo que significa que hay una mayor concentración de los datos de Velocidad de Recorrido con respecto a la media.

Gráfico 17. Niveles de Servicio Modo Moto por Arcos en todos los Recorridos



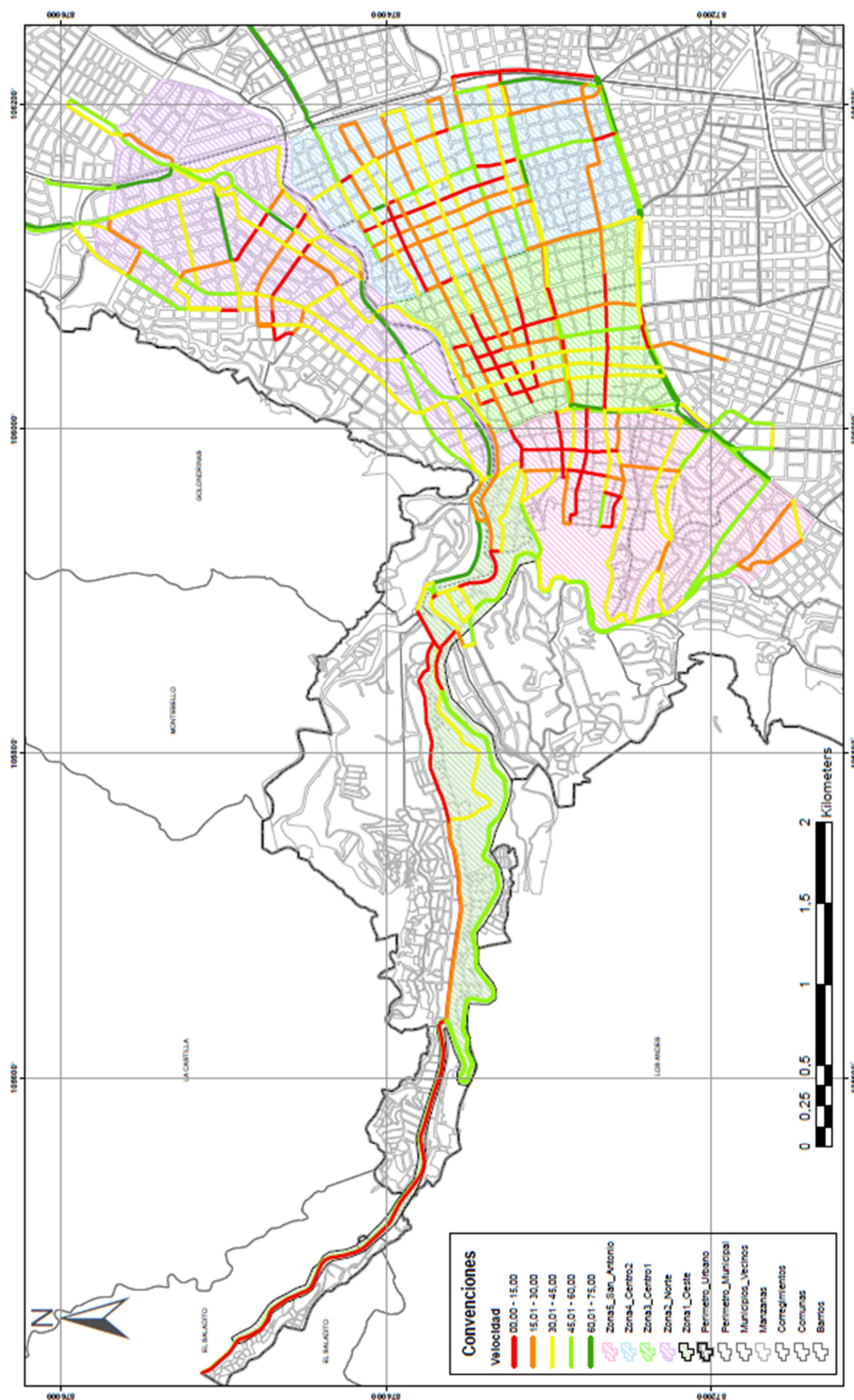
Fuente: Elaboración Propia, 2018

De acuerdo con los resultados obtenidos con respecto al Nivel de Servicio, se observa una mayor concentración en el nivel D, con **103 arcos de 356 trabajados, lo que representa casi un 29% de los arcos totales**. Esto refleja un déficit bastante importante en la malla vial analizada de la zona Centro – Oeste.

A continuación, para ver los resultados de forma mucho más visual, se generan 3 salidas cartográficas, una por cada Variable medida: Para Velocidad Promedio de Recorrido, para Velocidad de Marcha y Para Niveles de Servicio.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

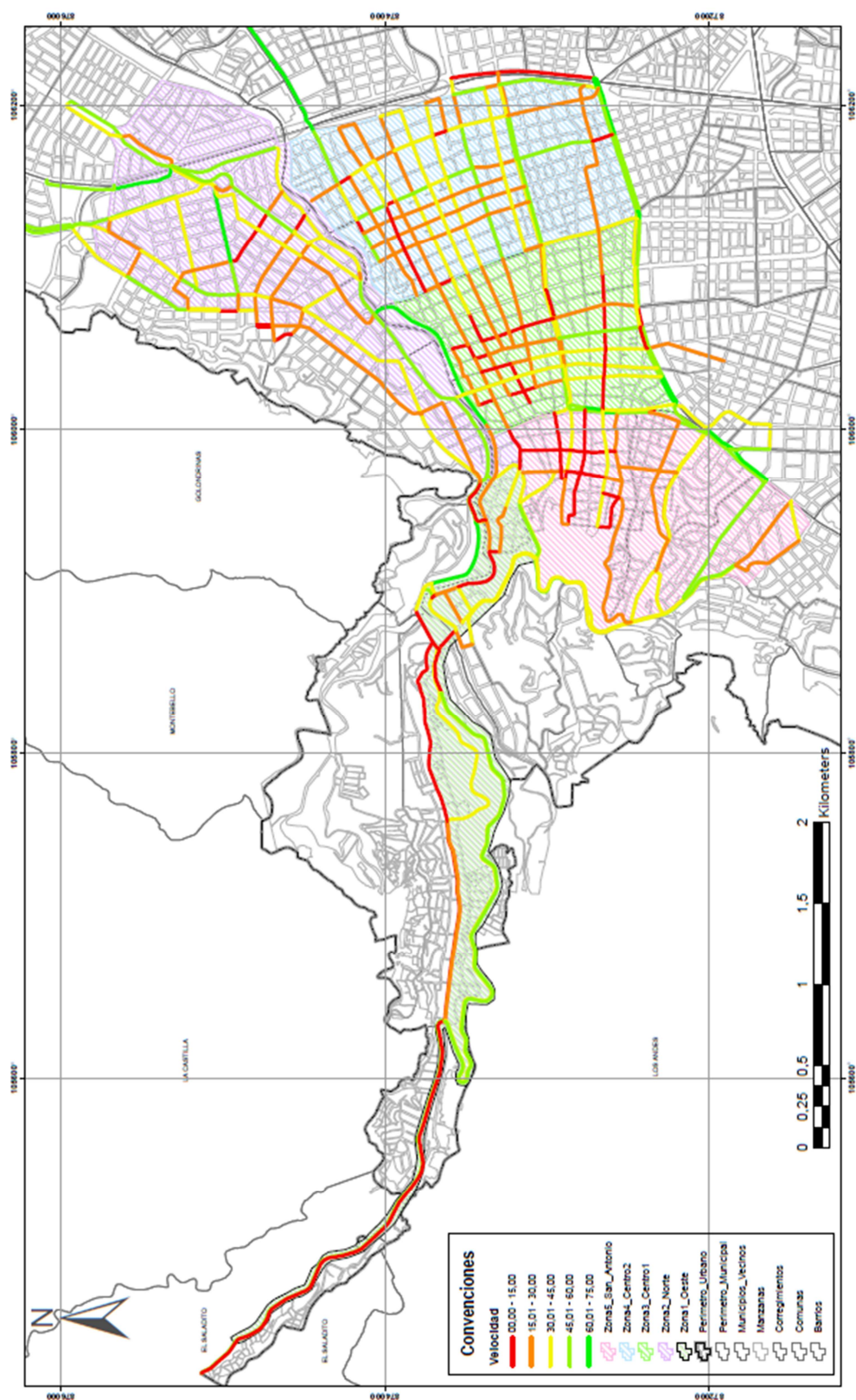
Figura 96. Salida Gráfica Velocidad de Recorrido modo Motos, Zona Centro - Oeste



Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

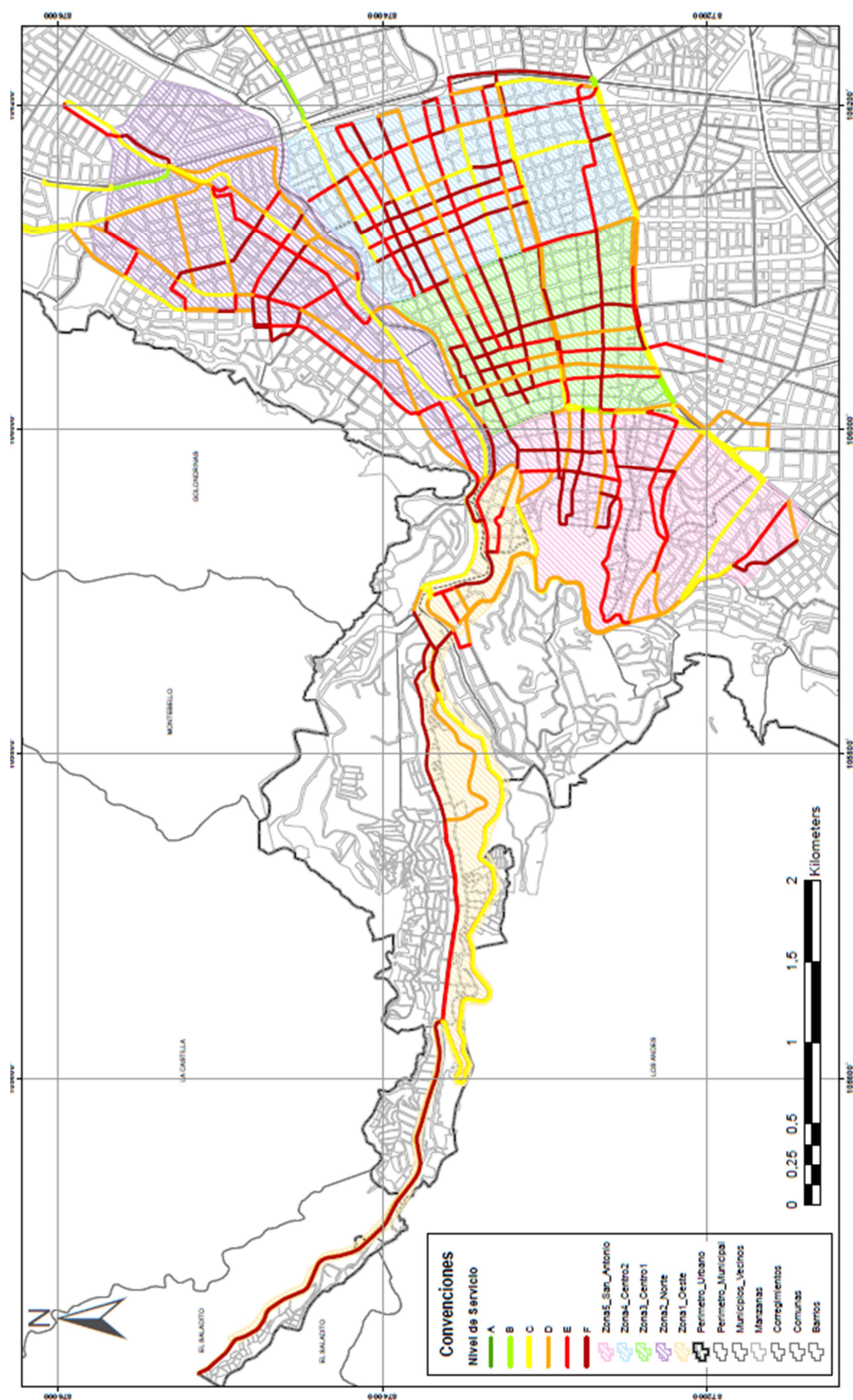
Figura 97. Salida Gráfica Velocidad de Marcha, Zona Centro - Oeste



Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS

Figura 98. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, Zona Centro - Oeste



Fuente: Elaboración Propia, 2018

9. CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali, donde se abarca gran parte de las comunas 1, 2, 3, 9 y 19 cuyas zonas comprende alrededor de 27 barrios.

En el análisis de velocidades y tiempos de recorrido de la zona centro - oeste, tiene una cobertura de 132.13km de malla vial, donde se necesitó de 2 aforadores que se desplazaron a bordo de una motocicleta a la velocidad del pelotón empleando un dispositivo GPS, para que realizaran dos tomas por cada ruta diseñada.

El aplicativo de captura de información utilizado para el desarrollo del proyecto es **MAP MY TRACKS** el cual envía pulsaciones cada cierto tiempo, con lo cual se tienen datos de posicionamiento de la motocicleta en tiempos determinados y se puede establecer por tanto la velocidad con la que circula dicha moto.

El grupo consultor define realizar el estudio en la jornada de la mañana exactamente entre el periodo de las 6:45am a 8:15am (LA HORA DE TOMA) ya que en general, se analiza el pico de la mañana porque corresponde al viaje crítico de las personas y se conectan en una dirección.

Los recorridos de motos iniciaron el 17 de abril del 2018 y finalizaron el 22 de mayo del 2018, sobre la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali; en donde se repitieron las tomas de las ruta1 día1 - día2, ruta4 día1 y ruta3 día1 dadas que no estaban en las óptimas condiciones para ser procesadas.

Es importante destacar que los recorridos que se diseñaron para las motos se diseñaron sobre los arcos viales, en algunas ocasiones se encontró que las motos tomaban un recorrido por encima de los andes o tomaban atajos diferentes a los establecidos en el recorrido, es decir que el tipo de vehículo moto que es el que más viole las reglas de comportamiento obtendrá menos demoras y por lo tanto mayores velocidades de recorrido muy subjetivas para cada motociclista, pues estará implícita su seguridad.

Para el procesamiento de la información se escogió el software de programación Python en su versión 2.7 como el adecuado, debido que, adicional a ser un lenguaje de programación muy potente, es el lenguaje y versión que se utilizan en ArcGIS para realizar procedimientos automáticos.

Se generaron 4 rutinas en Python: la PRIMERA RUTINA: Conversión Masiva de archivos GPX a SHP (GPXtoSHP Masivo.py), la SEGUNDA RUTINA: Conversión Masiva de Archivos DBF a CSV (DBFtoCSV Masivo.py), TERCERA RUTINA: Armado de archivo CSV completo (CSVCompleto.py) y por último la CUARTA RUTINA: Generación de los tiempos en minutos por rutas (RutasFinal.py); en donde el producto final son los tiempos entre nodos sobre los arcos viales por donde pasaron los recorridos.

Para el cálculo de velocidad promedio de recorrido se realizó después de unificar los tiempos de viajes obtenidos a partir de ejecutar la rutina de **PYTHON** con el grafo de comportamiento vial, el cual contiene la longitud de los arcos en km. Por tanto, a través de un cálculo operativo entre campos se determinó la velocidad en km/h en cada arco vial.

Para el cálculo de la Velocidad de Marcha se calculó en dos términos: en términos de cada arco y en términos de cada ruta, corresponde a la velocidad del vehículo estando en marcha, despreciando los tiempos en los cuales el vehículo estuvo detenido. Con ayuda de una tabla dinámica, se filtran las velocidades que sean mayores a 5 km/h, considerando el error que genera el dispositivo GPS cuando realiza las tomas en recorrido.

Se calculo que la velocidad promedio del recorrido tiene una fluctuación entre 21,47km/hr y 34,61 km/hr y la velocidad de la marcha tiene una fluctuación entre 23,34 km/hr y 35,73 km/hr.

Los procesos de análisis permiten evaluar cada tramo en términos de velocidades promedios del recorrido y mediante el empleo de la metodología del HCM 2010 se pudo evaluar la calidad de la movilidad con los Niveles de Servicio. A partir de los resultados obtenidos se hace posible identificar una distribución desde el punto de vista cualitativo dado por los niveles de servicio, donde se evidencia un mayor número de arcos viales con Nivel de Servicio E con 22,47% y F con 26,12% lo cual se traduce en deficiencias en relación a la movilidad dado que estos están asociados a condiciones de capacidad críticas con un comportamiento inestable del tráfico con tendencias a congestiones y generar continuos bloqueos. Los niveles de alto confort se muestran en tan solo el 0,28% - 2,27%. El Nivel C con 19,94% y D no alcanza más del 28%.

10. BIBLIOGRAFÍA

CAL Y MAYOR Rafael, CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 8ª Ed. Mexico DF: Editorial Alfaomega: 2007 262p.

Highway Capacity Manual. (2000). Springer.

Departamento administrativo de planeación municipal, Plan integral de movilidad urbana de Santiago de Cali – visión 2028, Parte i: análisis y diagnóstico 2017 493 p

Secretaria de tránsito y transporte de Bogotá. Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. 2ª Ed. Bogotá, D.C., Colombia, octubre de 2005 398 p.

CÁRDENAS, James. (2010). Estudio de los Accesos a la Ciudad de Santiago de Cali. Cali.

MARTÍNEZ, H. (2008). Plan Urbanístico de la comuna 22, para la Ciudad de Santiago de Cali. Cali.

MELÉNDEZ, M. (2014). Proyectos de Infraestructura en Cali. Cali.

CASTAÑEDA, Mario. Ingeniería de tránsito y transporte. Disponible en: http://www.academia.edu/4819543/INGENIERIA_DE_TRANSITO_Y_TRANSPORTE

Movilidad, objetivos de desarrollo sostenible. Disponible en: <http://www.calicomovamos.org.co/copia-de-movilidad-2>

La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias ... – Cepal.

Disponible en: https://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/19336/lcg2175e_bull.pdf

*ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: MOTOCICLETAS*

Análisis del flujo vehicular. Disponible en:
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/analisis-de-flujo-vehicular-cal-y-mayor.pdf>

Medición de Tráfico Vehicular Mediante IOT y SIG.pdf. Disponible en:
<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/3133/Medicion%20de%20Trafico%20Vehicular%20Mediante%20IOT%20y%20SIG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Conceptualización Del Plan Integral De Movilidad Y Desarrollo Del Estudio
www.cali.gov.co/descargar.php?id=27644

11. ANEXOS

ANEXO1. BASE DE DATOS. PRIMARIA, COMPORTAMIENTO VIAL, NODOS Y ARCOS (DIGITAL)

ANEXO 2. INFORMACION TIEMPOS DE RECORRIDO POR AFORADOR (DIGITAL)

ANEXO 3. RUTINA PYTHON (DIGITAL)

ANEXO 4. CARTOGRAFÍA MOVILIDAD (DIGITAL)

ANEXO 5. DATOS ESTADISTICOS (DIGITAL)

ANEXO 6. CALCULO VELOCIDAD MARCHA